

普通科高等学校「化学」における マイクロスケール実験を取り入れた 授業開発の工夫とその効果

専 攻：教育実践高度化専攻

コース：授業実践開発コース

学籍番号：P 1 5 0 2 1 A

氏 名：馬 越 優

目次

1. 問題の所在と研究の目的.....	1
1.1. 化学の性格と実験の必要性.....	1
1.2. 高等学校における実験実施の現状と問題点.....	1
1.3. マイクロスケール化学実験（MC）について.....	2
1.4. 先行研究より明らかとなった MC の特徴と課題.....	5
1.5. 研究の目的.....	6
2. 研究の方法及び内容.....	7
2.1. 研究の流れ.....	7
2.2. 先行研究・文献の調査.....	8
2.3. 比較チェック項目.....	9
2.4. 開発事前・開発事後・改善事後アンケート.....	10
2.4.1. 開発事前アンケート.....	10
2.4.2. 開発事後アンケート.....	11
2.4.3. 改善事後アンケート.....	12
2.5. 直後調査.....	13
2.6. 学力調査・小テスト.....	14
2.6.1. 学力調査.....	14
2.6.2. 小テスト.....	14
3. 開発実習.....	15
3.1. 開発実習の目的.....	15
3.2. 単元「酸化と還元」授業計画.....	15
3.3. 事前調査により明らかとなった生徒の実態.....	16
3.4. 授業の実際.....	18
3.4.1. 通常授業（実験以外の授業）について.....	18
3.4.2. 実験について.....	18
3.4.3. 生徒の様子.....	21
3.5. 開発実習実践の結果.....	22
3.5.1. 比較チェック項目より.....	22
3.5.2. 学力テストより.....	27
3.5.3. 直後調査より.....	27
3.5.4. 開発事後調査より.....	30
3.6. 開発実習で明らかとなった MC の課題.....	33

4. 改善実習	34
4.1. 改善実習の目的	34
4.2. 単元「電池・電気分解」授業計画	34
4.3. 授業展開とワークシートの工夫	35
4.3.1. 開発実習時に明らかとなった課題	35
4.3.2. 改善策	35
4.4. 授業の実際	37
4.4.1. 通常授業（実験以外）について	37
4.4.2. 実験について	37
4.4.3. 生徒の様子	41
4.5. 結果と考察	42
4.5.1. 比較チェック項目より	42
4.5.2. 事前・事後小テストより	46
4.5.3. 直後調査より	47
4.5.4. 事後調査より	50
5. 開発実習と改善実習の比較	52
5.1. 開発実習・改善実習の結果及び考察	52
5.1.1. 開発事前・開発事後・改善事後調査共通項目	52
5.1.2. 直後調査	54
5.1.3. 改善事後調査アンケート開発・改善比較項目	56
5.1.4. 開発実習・改善実習 MC 成果の実感比較	59
6. まとめと今後の課題	60
6.1. 研究の成果	60
6.2. 今後の課題	61

1. 問題の所在と研究の目的

1.1. 化学の性格と実験の必要性

平成 21 年度改訂版「高等学校学習指導要領理科編」¹において、化学の性格として以下のように述べられている。

「化学は物質を対象とする科学であり、その特徴は、観察、実験を通して物質の構造や性質、反応を調べることにより物質の特徴を理解し、物質に関する原理・法則を見いだすとともに、その知識を生かして物質を利用したり目的にかなった物質を作り出したりすることにある。」

ここでは化学の特徴として観察や実験を通じた学びが挙げられており、その重要性が述べられている。

1.2. 高等学校における実験実施の現状と問題点

平成 20 年度高等学校理科教員実態調査報告書²によると、生徒による観察や実験の頻度として、「月に 1～3 回程度」かそれ以上と回答している割合が小・中学校では 95 %以上であるのに対し、高等学校（普通科）の化学Ⅱでは 33 %であると述べられている。そのなかでも「週に 1～2 回程度」かそれ以上と述べている割合は小学校 63 %、中学校 64 %に対し、高等学校ではわずか 6.0 %であった。一方で、「年に数回程度」以下と回答している割合は高等学校（普通科）化学Ⅱで 33 %と、小学校の 0.37 %中学校の 0.17 %を大きく上回る割合となっている。このように高等学校の化学においては小学校や中学校に比べて生徒による観察や実験を取り入れた授業が行われていない現状が指摘されている。

また、生徒による観察や実験を行うにあたっての障害となっているものの調査結果は以下の通りである。

¹ 文部科学省（2009）「高等学校学習指導要領解説理科編」

² 科学技術振興機構・国立教育政策研究所（2009）「平成 20 年度高等学校理科教員実態調査」

MC の歴史としては、実験の呼称がセミマイクロ実験、スモールスケール実験など変化があるものの、社会の動き、学校現場からの要請と連動して発展している。

アメリカではかなり以前から実験スケールを小さくする試みが行われており、1955 年には F.T.Weisbruch 著の *Semimicro Laboratory Exercises in High School Chemistry*、1958 年には Kenneth L.Beers 著の *Semimicro Chemistry A High School Laboratory Course*、Henry 等の「セミマイクロ化学実験」の高等学校用教科書が出版されている。これらの学者の他に J.Burrows、Wendell B King、De Bruyne Kirk らがそれぞれに、あるいは共著で高校用や大学用の一般化学のテキストを作成した。この時代、CBA 化学が研究され、一部の高等学校で試験的に実施されていたが、一方でアメリカ全州の高等学校の約 30 % でセミマイクロ法を採用していたといわれている。大学における分析化学実験がマイクロないしセミマイクロ化しつつあった当時高校や大学一般教育としての化学実験をセミマイクロ化することはそのつながりをよくするためにも有利であったため、セミマイクロ法を採用する高校、大学が増加したと考えられる⁴。

1970～1980 年代には環境汚染が社会問題化し公害という言葉も生まれた。環境問題への意識が高まったこの時代にはアメリカの大学で有機化学分野を中心とした組織的、系統的なマイクロスケール化学実験の研究が始まった。有害物質の排出抑制が進み、有害物質の使用を設計の段階からなるべく控える「グリーンケミストリー」の考え方が浸透してきた。

1990 年には「汚染未然防止法 (Pollution Prevention Act)」が成立し、MC が推進される追い風となった。1993 年には米環境保護庁(EPA)、マサチューセッツ州毒物削減研究所、アメリカ科学財団 (NSF) の支援の下、マサチューセッツ州の Merrimack College に「ナショナル マイクロスケール ケミストリー センター NMCC (National Microscale Chemistry Center)」が設置され、小学校から大学までの多くの実験方法の開発やワークショップの開催が行われた。ワークショップは海外からの参加も歓迎されており、国内外での MC 普及に大きな役割を果たした。NMCC の設置の成功により、その後各地にさらに MCC が設置されて。さらにマイクロスケール化学の導入が遅れた大学には EPA が立ち入り調査し、罰金を科したといわれる。

イギリスでは 1950～1960 年代時点でかなり多くの理化器製造業者から、小学校、中学校向きのものから高等学校、大学、研究所用に至るまで様々なセミマイクロ化学実験用セットが製造・販売されていた。当時の理科教育雑誌「The School Science Review」でも各種製品の広告が見られた。その多くは無機化学、有機化学実験用であったが、このように多くの製品が市販されていることから、かなりの数の学校が化学実験にセミマイクロ法を採用していたと考えられる⁴。

ロシア (ソビエト) では大スケールの実演や生徒実験が行われる一方で、半微量で分析を行う粉末分析法が研究され、専門家をはじめ大学から中学校に至るまで学生、生徒に指導された。この分析法は従来の試験管内で化学反応を観察する方法とは全く異なり、固体の化学反応を基礎としていた。この方法は 1947 年にペアベル マクシモビッチ イサコフ氏によ

⁴新海勝良 (1962)「セミマイクロ化学実験法」明治図書

り考案された鉍物・鉍石の分析を目的とするもので、溶液を使用する代わりに固体の粉末を混ぜ合わせて乳鉢や素焼き板の上でできるだけ綿密に混合し、固体同士の間で化学反応を起こさせて試料中の化学成分を検出する方法である⁵。

日本では 1960 ～ 1970 年代にアメリカの高等学校用マイクロスケール実験の教科書が新海勝良により日本に紹介された。また、新海勝良は中学・高校用に自作改良した実験器具をテキストにまとめ、実験キット（島津製作所）も販売されたが、当時のガラス・陶磁器による実験器具の開発に限界があることなどから、マイクロスケール実験は学校現場ではあまり浸透しなかった。

1980 年代になってから組織的に実験のスケールダウンが行われるようになった。

1990 年から荻野和子はマイクロスケール化学に関する研究や教材開発を行い、これらの成果を大学および高等学校レベルでの化学実験に導入してきた。日本化学会化学教育協議会では 2000 年にマイクロスケール実験ワーキンググループが組織され、また、日本化学会が発行する「化学と教育」誌に「マイクロスケール実験の広場」の欄ができた。放送大学宮城学習センターにおける化学実験にも 2002 年からマイクロスケール化学実験が導入された。2006 年には荻野博（放送大学）と荻野和子が講師となり、放送大学の特別講義「新しい化学教育法～マイクロスケールケミストリー～」も放送された。2006 年 8 月にはマイクロスケール実験の研究グループにより、国際基督教大学を会場に SPP（サイエンス パートナーシップ プログラム）の一環として高校生対象の実験講座「マイクロケミストリーで見る化学の世界」が初めて開催された。2006 年から 2009 年にかけて同大学で同様の講座が開催され、多くの高校生、中学生や高等学校教員が MC を体験する機会となった⁶。

荻野和子は長年の MC の国内外における普及活動が評価され、FACS（アジア化学会連合）Distinguished Contribution to Chemical Education Award 2011 を受賞した。

また、近畿では京都教育大学の芝原寛泰が 1996 年に京都 MC 研究会を立ち上げホームページ⁷を開設するなど、芝原寛泰を中心とした研究が数多く行われている。

⁵新海勝良（1962）「セミマイクロ化学実験法」明治図書

⁶芝原寛泰・佐藤美子（2011）「マイクロスケール実験－環境にやさしい理科実験－」オーム社

⁷natsci.kyokyo-u.ac.jp/~shiba/html/KMSchem/index.html （2017.2.26）

1.4. 先行研究より明らかとなった MC の特徴と課題

MC の特徴として、芝原寛泰らは (1) 実験器具のスケールを通常よりも小さくする、(2) 試薬と経費の削減と老廃物の少量化、(3) 試薬の少量化に伴い、事故防止に役立つ、(4) 実験操作の簡略化による実験時間の短縮、(5) 1~2 人の個別実験が可能で、グループ実験とは異なる学習効果、(6) 通常の教室でも実施が可能、(7) (小学校の場合) 理科を専門としない教員も指導と準備が容易といった点を挙げている⁸。また、これらの中でも特に個人実験・少人数 (2 人 1 組) 実験ができる点をメリットとして見出し、指摘した教員が多い、と述べている。グループ実験では積極的な生徒のみが実験を先導し、消極的な生徒は「お客さん」になってしまう現状が指摘されているが、個人実験では生徒自身が実験に積極的に参加する、結果が目前でじっくりと観察できる、達成感が得られる、理解度が上がる、実験操作に慣れる、という点で大きな教育効果があり、実際に MC を授業に導入した教員も実感していると述べられている⁹。

一方、マイクロスケール実験の課題として、川本公二は実験助手の意見から、実験器具の準備面や維持・管理面に不安感があり、他校ですぐに導入できるという印象ではなかった、と述べ今後の MC の普及に向けた検討課題として「実験の準備・進め方のマニュアルが必要」等を挙げている¹⁰。また、宇治宮隆文は学力下位群の生徒に対する配慮を挙げている。学力下位群の生徒は学習内容や実験の目的などに対する理解に時間がかかることや、1 人で実験を実施することに対する不安感が強く、周囲に相談したがる傾向があることを指摘しており、画一の説明のみではなくより下位群の生徒に配慮した丁寧な説明を心がけるなど、不安を取り除く努力が必要であると述べている¹¹。

また、先行研究を調査するにつれ、MC を取り入れた授業の研究について以下の課題が明らかとなった。まず、開発した MC の教材に関する有用性を確認することを目的とした研究は多く、大学の附属学校や系列学校、スーパーサイエンスハイスクール (SSH) 指定の高等学校等で実践が行われている。しかし、MC 実施と学力の関係について調査しているものは 1960 年代以降は宇治宮隆文 (2012) の研究 1 件のみであった。また、MC の授業準備を行う際の工夫、MC の教育効果を高めるためのワークシートや授業構成、指導方法の工夫に着目した研究は先行研究の中には見当たらなかった。

⁸ 芝原寛泰・佐藤美子 (2011) 「マイクロスケール実験—環境にやさしい理科実験—」 オーム社

⁹ 芝原寛泰・坂東舞・川本公二 (2007) 「授業実践等によるマイクロスケール実験の有用性の検討」

¹⁰ 川本公二 (2007) 「マイクロスケール実験の高校化学への導入—文系講座での実施状況から今後に向けて—」 日本理科教育学会全国大会要項 第 57 巻, 432

¹¹ 宇治宮隆文 (2012) 「マイクロスケール化学実験 (MC) を組み込んだ授業開発—高等学校における MC の教育的効果の検証を通して—」

1.5. 研究の目的

上記課題を解決し、授業に MC を取り入れやすくするため、本研究の目的を以下の通りに設定した。

まず 1 点目は、「マイクロスケール実験を行うにあたっての必要な注意点の抽出」である。MC と通常実験の比較（準備、実験の行いやすさ）、指示やワークシートの工夫、マイクロスケール実験の準備や後片付けにおける注意点の抽出など、普通科高等学校の「化学」の授業において通常よりもスケールが小さくセルプレート等の特殊な実験器具を用いるマイクロスケール実験を授業実践する場合の条件や効果的な手法を明らかにする。2 点目は「授業におけるマイクロスケール実験の有効性の確認」である。MC 実施における学力・学習意欲への影響の調査を行い、MC の効果を測定することにより MC が生徒の化学の学力や化学を学習するための学習意欲や実験を行う姿勢にどのように作用するのかを明らかにする。これら 2 点をもとに、高等学校普通科におけるマイクロスケール実験を取り入れた化学の授業開発の工夫とその効果を検証していくことを本研究の目的とした。

表 1 観察や実験を行うにあたっての障害となっているもの「平成 20 年高等学校理科教員実態調査」

付表 4-2-5a

	普通科									
	総合的な理科		物理Ⅱ		化学Ⅱ		生物Ⅱ		地学Ⅱ	
	件数	割合(%)	件数	割合(%)	件数	割合(%)	件数	割合(%)	件数	割合(%)
1. 設備備品の不足	224	34.2	312	54.26	184	30.07	293	47.49	45	60.81
2. 消耗品の不足	123	18.78	151	26.26	106	17.32	143	23.18	22	29.73
3. 授業時間の不足	435	66.41	431	74.96	433	70.75	393	63.7	34	45.95
4. 準備や片付けの時間が不足	270	41.22	240	41.74	234	38.24	255	41.33	27	36.49
5. 生徒数が多すぎる	153	23.36	67	11.65	72	11.76	77	12.48	6	8.11
6. 生徒の授業態度の問題	159	24.27	70	12.17	76	12.42	85	13.78	11	14.86
7. 実験室の不足	68	10.38	44	7.65	40	6.54	48	7.78	8	10.81
8. 大学入試への対応のための指導に時間を取られる	160	24.43	338	58.78	352	57.52	369	59.81	28	37.84
9. 理科実習教員(実習助手)がいない	137	20.92	121	21.04	133	21.73	123	19.94	9	12.16

高等学校（普通科）化学においては、「授業時間の不足」、「大学入試への対応のための指導に時間を取られる」と回答した割合がそれぞれ 71 %、58 %と特に高くなっていた。また、「準備や片付けの時間が不足（38 %）」、「設備備品の不足（30 %）」、「理科実習教員（実習助手）がいない（22 %）」も生徒による観察・実験の実施を阻害する原因として挙げられていた。

1.3. マイクロスケール化学実験（MC）について

上記の問題点を解決し、より実験を化学の授業の中に取り入れることを可能とする手法の 1 つにマイクロスケール実験がある。

マイクロスケール化学実験（以下 MC）とは、1994 年にアメリカ環境保護庁により提案された物質を設計・合成し応用するときに有害物質をなるべく使わない・出さない化学である「グリーンケミストリー」と社会の持続的発展が可能な化学という意味の「サステイナブルケミストリー」を融合した考え方である、GSC（グリーンサステイナブルケミストリー）の理念を反映させた実験法である。実験のスケールを従来よりもできる限り小さくし、試薬や廃棄物、経費の削減などの実験環境の改善が実現できる画期的な実験方法として注目されている。³



図 1 マイクロスケール実験の実験器具の例

³芝原寛泰・佐藤美子（2011）「マイクロスケール実験－環境にやさしい理科実験－」オーム社

2. 研究の方法及び内容

2.1. 研究の流れ

本研究の大まかな流れは以下の通りである。

まず、先行研究や文献より様々な MC の実験方法や高等学校の化学の授業における実践を調べるとともに、MC の課題を洗い出した。次に、開発実習では、通常実験と MC の比較を行うことを目的とし、単元「酸化と還元」において通常実験を 1 時間、MC を 2 時間実施した。比較チェック項目を用いて条件面における留意点を洗い出すとともに事前調査アンケート、事後調査アンケート、直後調査、学力調査を行い、生徒の学力、学習意欲や実験の感想等の変化を調査した。さらに改善実習では、開発実習で明らかとなった課題もとにワークシートや授業展開を改善し、単元「電池と電気分解」において MC を 3 時間実施した。開発実習時と同様に改善事後調査アンケート、直後調査を行い実験に対する意識や感想を調査したほか、事前・事後小テストにより、MC を実施した内容における学力を調査し、開発実習時との比較を行った。

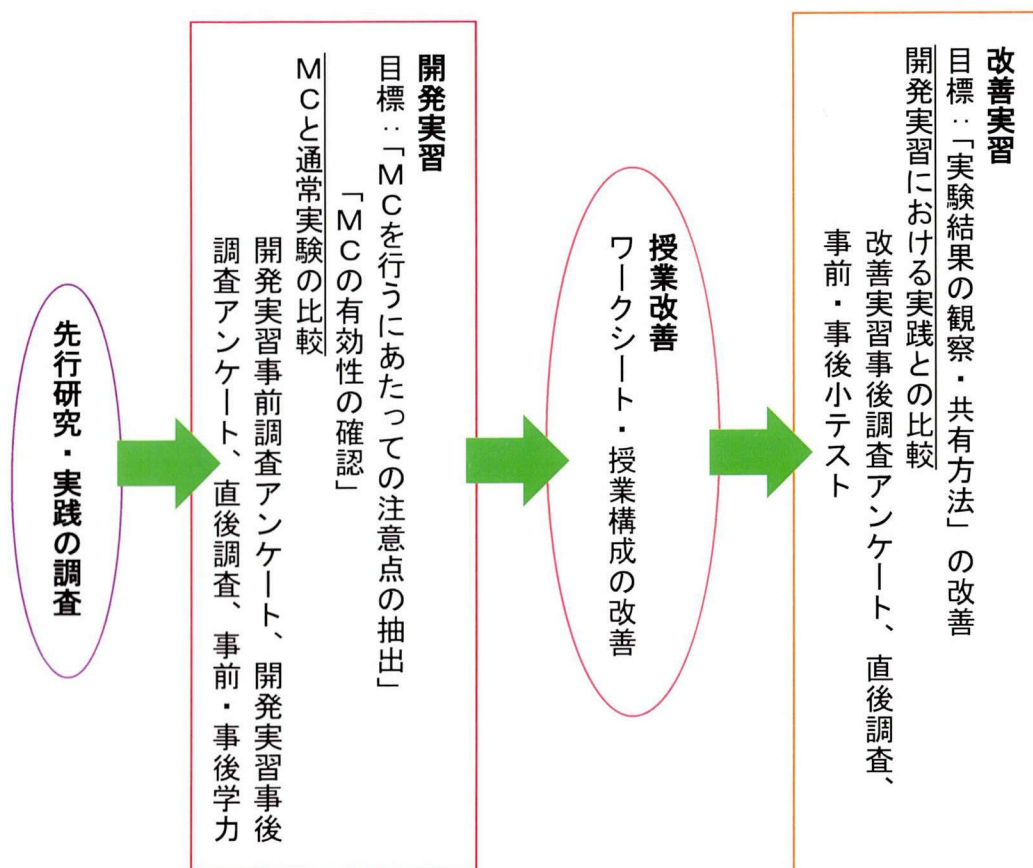


図 2 研究の流れ

2.2. 先行研究・文献の調査

開発実習で授業実践した単元「酸化と還元」におけるマイクロスケール実験の先行研究として、荻野和子はセルプレート上で3～4種の酸化剤、還元剤を取り、相互に反応させるという、セルプレートを用いた酸化還元反応の実験を開発している¹²。また授業実践事例としては中川徹夫により「イオン化傾向」のマイクロスケール実験が2009年度に神戸女学院大学にて高校生を対象に実施された¹³。

また、改善実習にて実践した「電池・電気分解」については、京都教育大学の芝原寛泰は電池・電気分解のマイクロスケール実験として、容器にパックテスト容器やプラスチック製分光セル、電源にUSB電源装置を用いたダニエル電池、鉛蓄電池、ヨウ化カリウム水溶液の電気分解の実験等を紹介している¹⁴。授業実践事例としては荻野和子による飽和食塩水(NaCl)、硫酸ナトリウム水溶液(Na₂SO₄)等の電解質水溶液をセルプレート上で電気分解し、フェノールフタレインなどのpH指示薬や食紅などの色素を用いて各電極での反応を確認するマイクロスケール実験の開発と宮城県立第一女子高等学校、宮城県仙台南高等学校等での授業実践がある¹⁵。さらに、中川徹夫により「ボルタ電池・ダニエル電池」、「鉛蓄電池・燃料電池」のマイクロスケール実験を取り入れた授業実践が報告されている¹⁶。

¹²東海林恵子・荻野和子「酸化還元に関するいくつかのスモールスケール実験」(2001) 化学と教育第49巻,第12号,794

¹³中川徹夫「2009年度神戸女学院大学で高校生を対象に実施したマイクロスケール実験の授業実践」(2010) 神戸女学院大学論集第57巻,第1号,133-145

¹⁴芝原寛泰・佐藤美子(2011)「マイクロスケール実験—環境にやさしい理科実験—」 オーム社

¹⁵東海林恵子・荻野和子「電池に関するいくつかのスモールスケール実験」(2001) 化学と教育第49巻,第11号,712-71

¹⁶中川徹夫「2009年度神戸女学院大学で高校生を対象に実施したマイクロスケール実験の授業実践」(2010) 神戸女学院大学論集第57巻,第1号,133-145

2.3. 比較チェック項目

以下の比較チェック項目を作成した。これをもとに通常実験と MC の比較や MC を授業で行う際に必要な条件や準備、後片付けの注意点の抽出を行った。

表 2 比較チェック項目

項目	教員視点	生徒視点
準備時間		
実施上の注意	(事前) (実施中)	
実験装置の組み立てやすさ		
実験操作の簡易さ		
実験中のトラブル		
考察	考察指導の行いやすさ	考察の行いやすさ
後片付け	(授業内) (授業後)	(授業内)
後片付け時間		
廃液量		
その他		

2.4. 開発事前・開発事後・改善事後アンケート

対象生徒の実験に関する意識や感想について、通常実験とMCの比較、MC実施前・MC実施後・改善実習でのMC実施後における変容、開発実習時と改善実習時の比較を行うために「開発事前アンケート」、「開発事後アンケート」、「改善事後アンケート」を作成した。それぞれのアンケートにおける独自質問項目部分とMC実施前、実施後、改善後における変容を調べるための共通の質問項目部分を設けた。

2.4.1. 開発事前アンケート

開発実習において、第9時に開発事前アンケートを行った。化学の学習意欲、化学・実験の学習法の捉え方を調べることを目的とした。このアンケートでは、項目1から項目6までを独自項目、項目7から項目10を共通項目とした。

マイクロスケール実験事前調査アンケート		
<p>高等学校「化学」における実験について研究を進めています。今回、実験を取り入れた授業を行うに際して、皆さんが実験についてどのような考えを持っているか、や化学をどのように学習しているかをお聞きたいと思ひます。回答の内容は研究以外の目的に使用することはありません。内容が外部に漏れることもありません。ありのままを率直に答えていただければ幸いです。</p>		
1. 化学の自主学習をするとき、次の化学の勉強の方法をどの程度行っていますか。頻度の高いものから番号を1、2、3、4、5、と番号を振り、理由も答えてください。		
	順番	理由
①とにかく基本用語や公式を暗記する。		
②計算練習をする。		
③図を書いてノートにまとめる。		
④理由や背景を考える。		
⑤公式が成り立つ過程を考える。		
<p>次の質問からは、小学校、中学校、高校1年生、2年生の時を思い出しながら答えてください。特に指示があるものを除き、(4.大変あてはまる、3.あてはまる、2.あまりあてはまらない、1.あてはまらない)で回答してください。また、[]があるものについては具体的に答えてください。</p>		
2. 実験を取り入れた授業は好きだった。(4、3、2、1)		
3. 実験を取り入れた授業では、実験の操作を進んで行う方でしたか、それとも他の人が実験操作をするのを見ている方が多かったですか。理由も含めて教えてください。 (1.自分から進んで操作を行う方だった 2.他の人が操作するのを見ている方だった)		
4. 実験では、何を観察・測定しているかが分からなくなることがあった。 (4、3、2、1)		
5. 実験操作がめんどくさいと感じることがあった。(4、3、2、1)		
6. 実験を行う際、危険だな、と感じたことがあった。(4、3、2、1)		
7. 実験の目的を意識しながら実験を行っていた。(4、3、2、1)		
8. 実験結果から何が分かるかを考えながら実験操作を行っていた。 (4、3、2、1)		
9. 安全面に気をつけながら実験を行っていた。(4、3、2、1)		
10. 自分の手で実験することは大切だと思う。(4、3、2、1)		
11. 最後に、あなたの学年、性別、類型を教えてください。		

図3 開発事前アンケート質問項目

開発実習第 13 時に開発事後アンケートを行った。事前調査との比較（学力、学習意欲、化学・実験の学習法の捉え方について）、通常実験とマイクロスケール実験の比較について、マイクロスケール実験全般の感想・取り組みやすかった点、取り組みにくかった点について明らかにすることを目的とした。このアンケートでは、項目 1 から項目 8 を独自項目、項目 9 から項目 13 を共通項目とした。

図4 開発事後アンケート質問項目

2.4.3. 改善事後アンケート

改善実習第9時MC「様々な電気分解」を行った後、今まで実施したマイクロスケール実験を振り返る事後アンケートを実施した。このアンケートでは、項目1から項目9までが独自項目で、そのうち項目1から項目3までは改善実習時に実施したMCを思い出しながら回答する設問で、項目4から項目10は改善実習時行ったMC（電池の基本原則、ダニエル電池・鉛蓄電池、ムラサキキャベツ水・各種水溶液の電気分解）と開発実習時に実施したMC（酸化剤・還元剤、金属のイオン化傾向）を比較する設問とした。

<p style="text-align: center;">マイクロスケール実験事後調査アンケート（9月実施）</p> <p>今回は電池・電気分解の範囲において3回マイクロスケール実験を行いました。今回（9月）の実験を行った感想や6月に実施した酸化・還元反応のマイクロスケール実験と比較した感想等をお聞きしたいと考えています。ありのままを率直に答えていただければ幸いです。</p> <p>（特に指示がある場合を除き、4.とてもあてはまる、3.あてはまる、2.あまりあてはまらない、1.あてはまらない、で解答してください。）</p> <p><input type="checkbox"/> 今回（9月）に行ったマイクロスケール実験（電池の基本原則、ダニエル電池・鉛蓄電池、ムラサキキャベツ水・各種水溶液の電気分解）の実験を思い出しながら回答してください。</p> <p>1. マイクロスケール実験の器具（バックテスト容器、USB電源装置等）は使いやすかったか。 （ 4、3、2、1 ）</p> <p>2. 今回の実験全体を通して何か困ったことはあったか。</p> <p>3. 今回行ったマイクロスケール実験では実験器具を1人1個用いて実験を行いました、このことにより化学の学習に関して何か成果はあったか。 （1. 成果があった、 2. 成果がなかった）</p> <p>また、4.で1.成果があった、と回答した場合、どのような成果があったか。（複数可）</p> <p>1. 実験の原理が分かった、 2. 何を観察しているか分かった、 3. 実験結果の理由が分かった、 4. 電池・電気分解の内容の理解がしやすかった、 5. 進んで考察ができた、 6. 暗記のみに頼らない化学の学習ができた、 7. もっと化学を深く学んでみたいと思った、 8. 化学を楽しく学習できた、 9. その他（ ）</p> <p><input type="checkbox"/> 今回行ったマイクロスケール実験（電池の基本原則、ダニエル電池・鉛蓄電池、ムラサキキャベツ水・各種水溶液の電気分解）と6月に実施したマイクロスケール実験（酸化剤・還元剤、金属のイオン化傾向）を比較しながら当てはまるものの番号に○をしてください。もし可能であれば理由も教えてください。</p> <p>4. どちらの方が細かくしっかり結果確認できたか。 ①9月の実験（電池・電気分解） ②6月の実験（酸化・還元反応）</p> <p>5. どちらの方が実験前後の状態の比較を行いやすかったか。 ①9月の実験（電池・電気分解） ②6月の実験（酸化・還元反応）</p> <p>6. どちらの方が実験内容の理解ができたか。 ①9月の実験（電池・電気分解） ②6月の実験（酸化・還元反応）</p> <p>7. どちらの方が他の人と実験結果の共有を行いやすかったか。 ①9月の実験（電池・電気分解） ②6月の実験（酸化・還元反応）</p> <p>8. どちらの方が思うような実験結果が得られなかった場合の原因を考えることができたか。 ①9月の実験（電池・電気分解） ②6月の実験（酸化・還元反応）</p> <p>9. どちらの方が考察を行いやすかったか。 ①9月の実験（電池・電気分解） ②6月の実験（酸化・還元反応）</p> <p>10. その他、6月実施の実験と9月実施の実験の良かった点や改善点がありましたら教えてください。</p>
--

図5 改善事後アンケート質問項目①

こ 最後に、今の気持ちや状態に最も近いものに○を付けてください。(4.とてもあてはまる、3.あてはまる、2.あまりあてはまらない、1.あてはまらない)
 11. 実験は好きだ。(4、3、2、1)
 12. 実験の目的を意識しながら実験を行うことができた (4、3、2、1)
 13. 実験結果から何が分かるかを考えながら実験操作を行った。(4、3、2、1)
 14. 安全面に気をつけながら実験を行うことができた。(4、3、2、1)
 15. 自分の手で実験することは大切だと思った。(4、3、2、1)
 16. 最後に学年、組、性別を教えてください。
 学年 () 組 () 性別 ()
 ご協力ありがとうございました。

図 6 改善事後アンケート質問項目②

2.5. 直後調査

実際に行った通常実験や MC についての感想や実験の行いやすさ、難しさ、大切だと思
 った点を調査するために、実験実施ごとに直後調査を行った。項目 1 から項目 7 までは 4
 件法、項目 8 と項目 9 は自由記述の回答とした。

次の質問に (4.とてもあてはまる、3.あてはまる、2.あまりあてはまらない、1.あて
 はまらない) で回答してください。

1. この時間に行った実験は楽しかった。(4、3、2、1)
2. この時間に行った実験内容は理解できた。(4、3、2、1)
3. 何を観察しているのか分かりやすかった。(4、3、2、1)
4. 実験の操作は行いやすかった。(4、3、2、1)
5. 実験器具は使いやすかった。(4、3、2、1)
6. 自らの手で進んで実験操作を行うことができた。(4、3、2、1)
7. 今回の実験には集中して取り組むことができた。(4、3、2、1)
8. 今回の実験で困ったことを書いてください。(自由記述)
9. 今回の実験で一番大切だと思ったことを自由に書いてください。(自由記述)

図 7 直後調査質問項目

2.6. 学力調査・小テスト

2.6.1. 学力調査

開発実習においては、MC 実施前と実施後における学力の変化を測定するために、事前学力調査、事後学力調査を行った。内容は「酸化と還元」の範囲で、大問 4 問構成とした。(第 1 問 (酸化された・還元された)、第 2 問 (酸化数の変化と酸化・還元)、第 3 問 (酸化剤・還元剤)、第 4 問 (イオン化傾向))

2.6.2. 小テスト

改善実習においては、生徒の負担を考慮し、小テストの形式で MC 実施前後の学力の変化を測定した。第 4 時 MC 「ダニエル電池・鉛蓄電池」、第 9 時 MC 「電気分解」の前後において各内容の事前・事後小テストを行った。

3. 開発実習

3.1. 開発実習の目的

開発実習では、実際に高等学校における化学の授業のなかで「マイクロスケール実験を行うにあたっての注意点の抽出」と「MCの有効性の確認」を目的とした。そのために、授業準備、実験準備、予備実験、授業実践、授業後の後片付け・振り返りにおいて①マイクロスケール実験と通常実験の比較、②指導、準備、後片付けにおける注意点の抽出を行った。また、同時に学力テストや直後アンケートを行い、生徒の学力や学習意欲の変化も観察した。

3.2. 単元「酸化と還元」授業計画

開発実習は、平成28年5月30日（月）～6月24日（金）に第3学年総合カルチャー（理系）コースの9人を対象に実施した。授業や学校行事等のスケジュールを考慮して、第8時に「酸化剤・還元剤」の実験を通常実験で行い、第10時、第12時にそれぞれ「酸化剤・還元剤と硫酸酸性条件」、「金属のイオン化傾向」の実験をMCにて行った。

表3 開発実習実施授業

時	学習内容
1	酸化・還元と酸素・水素、電子の授受
2	酸化・還元と酸化数
3	酸化・還元と酸化数、酸化剤・還元剤
4	酸化剤・還元剤と半反応式の作り方①
5	酸化剤・還元剤と半反応式の作り方②
6	酸化剤・還元剤の化学反応式の作り方
7	金属イオン化傾向
8	[通常実験] 酸化剤・還元剤
9	事前調査・金属イオン化傾向演習
10	[マイクロスケール実験] 酸化剤・還元剤と硫酸酸性条件
11	酸化還元滴定
12	[マイクロスケール実験] 金属のイオン化傾向
13	事後調査・演習
14	酸化還元滴定・酸化還元の量的関係

3.3. 事前調査により明らかとなった生徒の実態

MC の実践を行う前に開発実習事前調査アンケートを実施した。独自項目の調査結果は以下の通りである。

表 4 項目 1「化学の自主学習をするとき、次の化学の勉強の方法をどの程度行っていますか。頻度の高いものから番号を 1、2、3、4、5、と番号を振り、理由も教えてください。」結果

	順番 (平均)
①とにかく基本用語や公式を暗記する。	1.89
②計算練習をする。	2.11
③図を書いてノートにまとめる。	3.11
④理由や背景を考える。	3.11
⑤公式が成り立つ過程を考える。	3.67

対象生徒の化学の自主学習方法では、暗記に重点が置かれていることが判明した。一方、「⑤公式が成り立つ過程を考える」は全体的にあまり優先されていない現状が明らかとなった。

表 5 項目 3「実験を取り入れた授業では、実験の操作を進んで行う方でしたか、それとも他の人が実験操作をするのを見ている方が多かったですか。理由も含めて教えてください。」結果と理由

	人数 (9 人中)
1.自分から進んで操作を行う方だった	3 人
2.他の人が操作するのを見ている方だった	6 人
「1.自分から進んで操作を行う方だった」を選んだ理由	
実験は自分で行った方が楽しいから 見ているだけだと楽しくないから 楽しかったから	
「2.他の人が操作するのを見ている方だった」を選んだ理由	
失敗したら怖い (4 人) 不器用、実験器具を扱うのが苦手 (2 人)	

これまでの理科や化学の実験を振り返った結果、自分から進んで実験操作を行ってきた生徒は全体の 3 分の 1 で、半数以下であった。また、「2.他の人が操作するのを見ている方だった」と回答した理由としては、「失敗したら怖い」が 4 人と実験操作の失敗を恐れている生徒が多い実態が明らかとなった。また実験器具の取り扱いに苦手意識を持つと回答した生徒も見られた。

表 6 項目 4「実験では、何を観察・測定しているかが分からなくなることがあった。(4 件法)」結果

平均	2.89
S.D	0.78

表 7 項目 5「実験操作がめんどくさいと感ることがあった。」(4 件法) 結果

平均	1.89
S.D	0.93

実験において観察・測定対象を見失ったことがある生徒も一部見られた。項目 5「実験操作がめんどくさいと感ることがあった。」では 4 件法における平均値が 1.89 であり、実験操作自体を面倒に感じてきた生徒はあまり多くないという結果となった。

表 8 項目 6「実験を行う際、危険だな、と感じたことがあった。」(4 件法) 結果

平均	2.11
S.D	1.05

表 9 項目 6「実験を行う際、危険だな、と感じたことがあった。」の詳細

マッチを使ってやったとき、マッチの火がついて長いこと持っていたから手が熱かった。 薬品を使うとき 皮膚がとけてしまうかもしれないから
--

項目 6「実験を行う際、危険だな、と感じたことがあった」においては 4 件法の平均値が 2.11 であった。詳細としては、マッチや薬品を使用した際のことについて触れているものが挙がっていた。

3.4. 授業の実際

3.4.1. 通常授業（実験以外の授業）について

通常の授業においては、巻末掲載の授業プリントを用いて授業を行った。また、パワーポイントを用いて授業を進めていくことにより授業の進行をスムーズにしたり、物質や反応の様子を画像や動画で提示する等、視覚的に学習内容を分かりやすくする工夫を行った。

3.4.2. 実験について

- 第8時「酸化剤・還元剤」（通常実験）

実験に際しては、3人1組の班を編成し、3人で1つの実験器具を用いた。目を保護するために、安全メガネを用いた（図8）。対象生徒は高等学校入学後は化学の授業において実験を全く行っておらず、操作や安全管理のための注意点を忘れている生徒もいると考えられたため、パワーポイントを用いて実験器具や試薬、注意点の説明を事前に行った。なお、パワーポイントには適宜画像を添付してより視覚的に分かりやすくするよう心掛けた。



図8 安全メガネ

実際に実験を行った結果、すべての班において概ね理想通りの結果が得られた。

- 第10時「酸化剤・還元剤と硫酸酸性条件」（MC）

東海林恵子・荻野和子や中川徹夫の先行研究^{17,18}を参考に実験を組み立てた。1人1セットの実験器具を用いた個人実験として実験を行った。まず、実験に際しては試験管の代わりにセルプレート（図9）、試薬びんの代わりに点眼びん（図10）を用いた。また、通常実験と同様、目を保護するため安全メガネを着用した。さらに、セルプレートと同じ大きさのセルプレート図において各穴の部分に入れる試薬と量を記載し、ラミネート加工したものを用意した（図11）。これの上にセルプレートをのせて実験を行うことで、セルプレートのど

¹⁷東海林恵子・荻野和子「酸化還元に関するいくつかのスモールスケール実験」（2001）化学と教育第49巻,第12号,794

¹⁸中川徹夫「2009年度神戸女学院大学で高校生を対象に実施したマイクロスケール実験の授業実践」（2010）神戸女学院大学論集第57巻,第1号,133-145

の穴にどの試薬を入れるかを一目で確認することができるようにした。

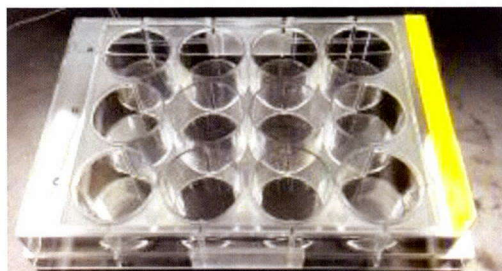


図 10 セルプレート



図 9 点眼びん

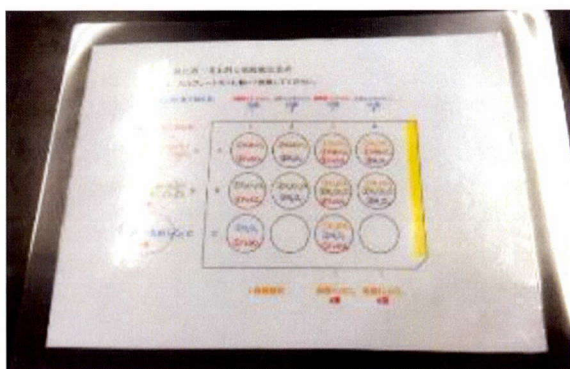


図 11 ラミネート加エワークシート

点眼びんは酸化剤を赤キャップ、還元剤を青キャップ、それ以外の試薬を白キャップとして、すべてビニールテープに試薬の種類を記載しラベルとして張り付けた。

ワークシートは、実験方法、結果、考察の他、図 11 と同様の図も掲載した。さらに、カラー印刷し、視覚的に実験器具の配置や操作を分かりやすくするように工夫した。

今回は初めて MC を実施したため、通常実験と区別ができるよう、説明用パワーポイントの冒頭に「マイクロスケール実験」と表記した。また、生徒は MC 専用の実験器具を初めて使用するため、実験器具の説明には実験器具の写真を添付したパワーポイントを用い、説明を行った。

実際に実験を行った結果、多くの生徒は理論通りの実験結果を得ることができた。

● 第12時「金属のイオン化傾向」(MC)

中川徹夫の先行研究¹⁹をもとに実験を組み立てた。この実験も1人1セット実験器具を用いたMCの形式で実施した。実験器具として、セルプレート、点眼びんを用いた。これまでの実験と同様、目を保護する安全メガネとラミネート加工のワークシート(図12))も使用した。

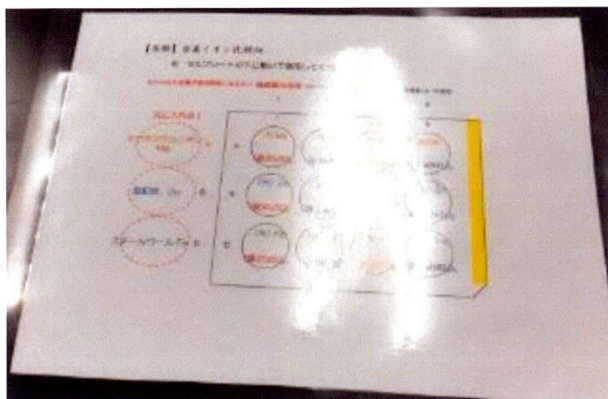


図12 ラミネート加工ワークシート(第12時用)

点眼びんは、硫酸銅(Ⅱ)水溶液(CuSO_4)を青キャップ、硫酸マグネシウム水溶液(MgSO_4)を赤キャップ、硫酸亜鉛水溶液(ZnSO_4)をピンクキャップ、硝酸鉄(Ⅲ)水溶液($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$)を白キャップとし、第10時のMCと同様にビニールテープに溶液の名前を書きラベルとして張り付けた(図13)。



図13 ラベルを貼りつけた点眼びん

¹⁹ 中川徹夫「2009年度神戸女学院大学で高校生を対象に実施したマイクロスケール実験の授業実践」(2010)神戸女学院大学論集第57巻,第1号,133-145

ワークシート、パワーポイントには、前回と同様、「マイクロスケール実験」と表記し生徒が通常実験と区別しやすいようにした。実験器具の説明には実験器具の写真を添付したパワーポイントを用いて説明を行った。

実際に実験を行った結果、多くの生徒は理論通りの結果を得ることができていたが、反応にかかる時間等に個人差があった。

3.4.3. 生徒の様子

生徒は高等学校入学以降は化学基礎や化学においてほとんど実験を取り入れた授業が行われず、実験の経験が非常に少なかったためか実験器具の扱いに戸惑う場面があった。また、MC は今まで全く経験したことがない生徒ばかりであったため、一番最初の MC ではラミネート加工ワークシートの見方が分からない生徒もいた。しかし、事前説明際に予備実験等で明らかとなった注意点をパワーポイントの画像や実演を通して注意喚起を行った結果、ケガや実験器具の大きな破損に繋がる重大なトラブルは見られなかった。また、全体的に非常に楽しみながら実験に参加しているように感じた。

3.5. 開発実習実践の結果

3.5.1. 比較チェック項目より

通常実験と MC の準備、授業実践、後片付け、指導等において、比較チェック項目を用いて条件面の比較を行った。

表 10 準備時間・後片付け時間・廃液量

	第 8 時 (通常)	第 10 時 (MC)	第 12 時 (MC)
準備時間	約 140 分	約 163 分	約 103 分
後片付け時間	約 47 分	約 60 分	約 40 分
廃液量	約 78 mL	約 47 mL	約 20 mL

準備時間と後片付け時間は、内容にもよるが通常実験と MC では大きな差はなかった。第 10 時「酸化剤・還元剤と硫酸酸性条件」では、MC を行うのが初めてで準備に慣れておらず、また準備する溶液の量が多かったため多く準備時間がかかった。また、今回は溶液を全て最初から調整して点眼びんに移し直し、さらに後片付けもすべての点眼びんの試薬を取り出して洗浄したため、後片付けの時間も多くなった。しかし、MC の特徴の中に、点眼びんに 1 度溶液を入れると、中身を 1 回 1 回取り出すことなく繰り返し使うことができる、という特徴がある。実際の学校現場では、2 回目以降に同様の実験を行う場合、溶液の調製や点眼びんへの詰め替えを最初から行う必要がないため、準備・後片付け時間を削減することができると思う。

廃液量は、MC の方が圧倒的に通常実験よりも少量であった。

表 11 実施上の注意点

開発第 8 時 (通常実験)	○ガラス器具の取り扱い○他の試薬で使用した駒込ピペットを使用してしまわないか→実際に使用してしまった班があった。○駒込ピペットの持ち方を指導する必要がある。
開発第 10 時 (MC)	○点眼びんのキャップを全て開けてしまい、溶液をこぼす可能性があった。→事前注意により防ぐことができた。生徒同士の相互注意でも防ぐことができた。
開発第 12 時 (MC)	○固体を勢いよく落とし入れて試験管が割れる心配が少なかった。○金属をどの程度磨くのかを適切に指導する必要がある。○金属を磨くのが大変という生徒の意見があった。

通常実験においてはガラス器具を安全に取り扱うための注意点が多くなった。また、高等学校入学後は実験があまり行われておらず、生徒は実験操作に不慣れであり、他の溶液で用いた駒込ピペットを使用し溶液が混濁し、試薬びん 1 つ分の溶液を丸ごと廃棄しなければならなくなったり、駒込ピペットのゴムの部分だけをもってピペット本体を揺らしてしまい溶液が飛び散りそうになってしまう等の問題が起こった。MC ではこのような安全上の問題は減少したが、点眼びんのキャップの開け方や小さい金属の磨き方など、MC ならではのスケールの小ささや器具の扱い方についての問題があった。

表 12 実験器具の組み立てやすさ

第 1 時 (通常実験)	○班ごとで数が少ないので、試薬を分けやすかった。
第 8 時 (MC)	○点眼びんがバラバラになる。溶液の種類ごとにまとめて置く必要がある。 ○点眼びんのラベル貼が大変。○具体的な指示があれば適切に実験器具を並べることが可能。写真等があればなお良い。
第 12 時 (MC)	○セルプレートに点眼びんを入れると安定。○点眼びんに直接溶液を吸わせて溶液を詰める→駒込ピペット不要、危険度の低い試薬では有効。 溶液が点眼びんの外につくので、危険度の高い試薬では不向き。

通常実験では、実験器具数が少なく、試薬を分けやすかった。MC では、生徒が実際に実験操作を行う場面では具体的な指示があれば実験器具を適切に並べることが可能であった。また、パワーポイントに正しい実験器具の配置した場合の写真を掲載した結果、より効果があったと考える。一方、点眼びんの扱いについては一部組み立てにくい点があった。MC では使用する点眼びんの数が非常に多く、サイズも小さいためバラバラになりやすかった。また、同様の理由から点眼びんへのラベル貼りも大変であった。これらの問題を解決するためには溶液の種類、キャップの色等でまとめて保管や作業を行うと効果があると感じた。

表 13 実験操作の簡易さ

第 8 時 (通常)	駒込ピペットの使い方に困難を感じる生徒が多かった。
第 10 時 (MC)	点眼びんの操作が簡単
第 12 時 (MC)	サイズが小さいので、金属を磨く作業が大変

実験の操作自体は、点眼びんの操作が非常に簡単であったため、通常実験よりも MC の方が簡単であったと言える。一方、サイズが小さいため金属を磨く等、細かい作業が大変になる場合も見られた。

表 14 実験中のトラブル

第 8 時 (通常)	<ul style="list-style-type: none"> ・駒込ピペットのゴムの部分だけを持ち、揺らしてしまう生徒がいた ・別の溶液で用いた駒込ピペットを使い、溶液が混ざってしまった
第 10 時 (MC)	<ul style="list-style-type: none"> ・どこにどの溶液を入れるか分かりにくいと感じる生徒がいた ・FeSO_4 水溶液で沈殿が発生したため再度調製しなおしたが、手間がかかった
第 12 時 (MC)	<ul style="list-style-type: none"> ・小さな金属をサンドペーパーで磨く作業が難しい。

通常実験では、主に駒込ピペット関連のトラブルが目立った。MC では、セルプレートに溶液を入れる位置が分かりにくい生徒がいた。ラミネート加工ワークシートの見方等を最初に細かく説明する必要があると感じた。また、点眼びん関連では予め調製した水溶液に沈殿が発生し、再度作り直すというトラブルがあった。溶液を調製するタイミング等、実験の準備計画の段階において考慮すべきだと感じた。また、実験スケールの小ささは MC の特徴であるが、細かい作業が多く必要になる場合もあることが明らかとなった。時に実験操作に困難性をもたらすこともあるため、授業時間や生徒の実態を考慮して金属等のサイズを決定していく必要があると感じた。

表 15 考察

第 8 時 (通常)	・ 結果の共有はしやすい
第 10 時 (MC)	・ 1 人ずつ必ず手を動かしているなので積極的に考える姿勢が見られた
第 12 時 (MC)	・ 実験結果に違いがあった場合に戸惑う

考察の指導に関しては、通常実験と MC で大変さに大きな差は感じなかった。考察に関するメリットとしては通常実験は結果の共有がしやすい点、MC では考察への積極的な姿勢を招くことができる点があった。一方、短所としては通常実験は他者の考察を写す生徒が出てくる点、MC では実験結果が他者と異なった場合に戸惑う点があることが明らかとなった。

表 16 後片付け

第 8 時 (通常)	すりガラスのキャップをきつく締めてしまう生徒がいた
第 10 時 (MC)	回収する器具が多いため、どれをどのように回収するか of 具体的指示が必要
第 12 時 (MC)	金属が析出する実験の場合、セルプレート of 洗浄が大変になる。

後片付けでは、通常実験ではすりガラスのキャップを強く閉めてしまうというガラス器具ならではのトラブルがあった。MC では実験器具数が多いためどこに何を返却するか困る生徒が何人かおり、後片付け時の指示をより具体化する必要を感じた。また、実験器具がプラスチック製のため、金属が析出する実験の場合セルプレートの洗浄が大変であった。

表 17 その他

第 1 時 (通常)	
第 8 時 (MC)	○結果を記入するのに時間がかかった (特に色) ○全体的に生徒の反応は良かった、○実験結果の共有の場面→他の班の人に聞きに行く生徒がいた。
第 12 時 (MC)	○点眼びんのキャップの色・形の種類を増やしてほしい

全体として、MC は通常実験と比較して生徒の反応は非常に良く、意欲的に実験に酸化する姿勢が見られた。しかし、実験結果の記録や共有方法を再考していく必要を感じた。

3.5.2. 学力テストより

MC の実施前後において、それぞれ事前学力テスト、事後学力テストを行った。テストはいずれも 40 点満点である。出題内容としては、「酸化と還元」の範囲で、大問 4 問（大問 1：酸化された・還元された、大問 2：酸化数の変化と酸化・還元、大問 3：酸化剤・還元剤、大問 4：イオン化傾向）で構成されている。事前学力テスト、事後学力テストの平均得点は以下の通りである。

表 18 開発実習事前事後学力調査（40 点満点）（N=9）

		事前	事後
合計得点（40 点満点）	平均	14.3	17.3
	S.D	5.1	5.3

事後学力テストでは、事前学力テストと比較して統計的な有意差は見られなかったが、3 点平均得点が上昇していた。このことから、MC の実施が学力の向上に繋がったと考えられる。

3.5.3. 直後調査より

通常実験と MC の実施直後に直後調査を行った。（項目 1～項目 7：4 件法、項目 8、9：自由記述）

表 19 直後調査結果（項目 1～7、4 件法）（N=9）

		第 8 時 (通常)	第 10 時 (MC)	第 12 時 (MC)
1	この時間に行った実験は楽しかった	3.22 (0.44)	3.56 (0.53)	3.44 (0.53)
2	この時間に行った実験内容は理解できた	3.22 (0.44)	3.00 (0.50)	3.22 (0.67)
3	何を観察しているか分かりやすかった	3.44 (0.53)	3.22 (0.44)	3.44 (0.53)
4	実験の操作は行いやすかった	3.56 (0.53)	3.67 (0.50)	3.56 (0.53)
5	実験器具は使いやすかった	3.44 (0.53)	3.67 (0.50)	3.67 (0.50)
6	自らの手で進んで実験操作を行うことができた	3.44 (0.53)	3.78 (0.44)	3.67 (0.50)
7	今回の実験には集中して取り組むことができた	3.56 (0.53)	3.56 (0.53)	3.56 (0.53)

通常実験と MC で調査結果を比較した結果、項目 1「この時間に行った実験は楽しかった」、項目 4「実験の操作は行いやすかった」、項目 5「実験器具は使いやすかった」、項目 6「自らの手で進んで実験を行うことができた」において MC の方が通常実験よりも平均値が上昇していた。実験器具が使いやすく、個別に自分のペースで実験操作を行うことができる MC は実験への意欲の向上、実験への心理的負担の軽減に非常に効果があった。一方、平均値が MC の方が通常実験よりも下がった項目としては、項目 2「この時間に行った実験内容は理解できた」、項目 3「何を観察しているか分かりやすかった」の 2 つであった。この結果から、生徒の中には一度にすべての溶液を加え反応させてしまったために元の状態を思い出せず実験前後の比較ができない状況に陥った者がいたと考えられた。MC の特徴の 1 つに多くの反応を素早く確認できる点がある。この特徴は短時間で効率よく実験ができるという利点に繋がる一方、実験操作を考えずに単調に行ってしまい、深い考察に繋がらなくなる短所にも成り得ることが判明した。そこで第 12 時の MC 時には 1 つの溶液を加えるごとに実験結果を記録するよう指示を出した。その結果、平均値はもとの通常実験と同じ水準に回復した。

表 20 項目 8「今回の実験で困ったことを書いてください」記述

第 8 時（通常実験） 「酸化剤・還元剤」	<ul style="list-style-type: none"> ・ 駒込ピペットが上手に使えなかった（2 人） ・ 手順で少し困った
第 10 時（MC） 「酸化剤・還元剤と硫酸酸性条件」	<ul style="list-style-type: none"> ・ 結果、反応前の色を忘れた ・ 半反応式の作り方
第 12 時（MC） 「金属のイオン化傾向」	<ul style="list-style-type: none"> ・ やすりがけが大変だった ・ 他の班と反応の結果を見比べてみて違うところがいくつかあった ・ イオン式

通常実験においては、駒込ピペットの使い方に関する記述が目立った。また、手順が見えにくい等、実験全体の見通しの立てにくさに言及したものもあった。MC では、実験結果や反応前の溶液の色を忘れたという記述が目立った。また、反応の結果が他者と異なった場合にどのようにするのか分からなくなってしまった、という記述もあった。項目 1～項目 7 における結果と合わせて、あまり考えず実験操作を行った結果、反応前後の比較ができず、考察に繋がりにくかった現状があったことがより確実に明らかとなった。また、MC は個別実験のため、実験を行うと実験者の数だけ実験結果が出てくる。そのため、実験者ごとに反応の現れ方が少しずつ異なる場合も出てきた。生徒の中には、非常に間違えることを恐れている者もあり、自分の結果と相手の結果のどちらが正しいのかが分からず、自分が行った実験操作や考察に自信が持てなくなる場合があったと考えられた。

表 21 項目 9「今回の実験で一番大切だと思ったことを書いてください」

第 8 時（通常実験） 「酸化剤・還元剤」	<ul style="list-style-type: none"> ・ 安全に気をつける ・ 意欲・興味 ・ チームワーク、協力（3 人） ・ 観察をしっかりとする ・ 試験管をしっかりと振ること
第 10 時（MC） 「酸化剤・還元剤と硫酸酸性条件」	<ul style="list-style-type: none"> ・ 色を記録すること ・ 実験器具が小さかったので、反応しているのを見逃さないよう観察しておく（観察関係：2 人） ・ こまめに記録を取る、記録を 1 つずつ取る（記録関係：3 人） ・ 手先の器用さ ・ 好奇心 ・ 安全メガネをすること
第 12 時（MC） 「金属のイオン化傾向」	<ul style="list-style-type: none"> ・ 観察力、深い観察（4 人） ・ 固体と液体で実験するときは溶液を多く入れる ・ 人に頼らずに実験すること ・ 自分のペースで実験する方が楽しい ・ 安全メガネをつけること

通常実験では、チームワークが大切という旨の記述が目立った。MC では、記録や観察に関する記述が多く見られた。観察では、実験器具の小ささのため反応を観察しにくかった場合があることが明らかとなった。また、項目 1～8 の調査結果と合わせて、1 度にすべて実験操作を行ってしまったために反応前後の比較や実験結果を忘れてしまうという事態から、深く観察する必要を記述している生徒も多かった。また、観察と同様、記録もこまめに 1 つずつ取っていく必要についての記述も目立った。

3.5.4. 開発事後調査より

全通常実験、MC 実施後に、事後調査を行った。

表 22 項目 1「マイクロスケール実験と通常実験はどちらが楽しかったか。」結果

1.マイクロスケール実験	7 人
2.通常実験	2 人
「1.マイクロスケール実験」と回答した理由	
たくさんの試薬が使えたから、一人で出来、簡単に実験することができるから、自分のペースで全部やった方が楽しくできるから、自分だけで一通りの実験の操作を行えるから、自分で操作を行えるので自分のペースで出来るから	
「2.通常実験」と回答した理由	
本格的なことができるから、協力しながらするのが楽しかった	

項目 1 では 9 人中 7 人が「マイクロスケール実験の方が楽しかった」と回答していた。理由としては自分のペースで出来る、一人で出来る等 MC の特徴である個別性を評価する声が挙がっていた。一方、「通常実験」と回答した理由としては、本格的なことができる、協力しながらする方が楽しい等が挙がっていた。

表 23 項目 2「マイクロスケール実験の器具（セルプレート、点眼びん等）は使いやすかったか。」（4 件法）結果

平均	3.6
S.D	0.53
どのような点が使いやすかった/使いにくかったか。	
(使いやすかった点) 1 つ 1 つかいてあるから分かりやすかった、プラスチック製なのでガラスより危なくないという点、点眼びんが（目薬と（使い方が）同じなので）ピペットを使うより溶液を入れやすかった（2 人）、セルプレートはどこにどの溶液を入れるのかわかりやすかった（2 人）、危険があまりないところ	

(N=9)

項目 2 において MC の実験器具の使いやすかった点については、プラスチック製で危険が少ない、との記述があった。また、点眼びん等の使い方が目薬のような身近にあるものと同じで使いやすいという意見もあった。多くの生徒が実験器具の使用に対する心理的な負担が少なく済むと感じたことが明らかとなった。

また、項目 3「今回の実験全体を通して何かトラブルや困ったことはあったか。」では、特に記述している生徒は見られなかった。

表 24 項目 4「マイクロスケール実験（2 回目、3 回目の実験）では実験器具を 1 人 1 個用いて実験を行いましたがこのことにより化学に関して何か成果はあったか。（1. 成果があった、2. 成果がなかった）」結果

1.成果があった	9 人
2.成果がなかった	0 人

表 25 「また、4. で 1. 成果があった、と回答した場合、どのような成果があったか。（複数可）」 結果

1. 実験の原理が分かった	2 人
2. 何を観察しているか分かった	4 人
3. 実験結果の理由が分かった	2 人
4. 内容の理解がしやすかった	1 人
5. 進んで考察ができた	3 人
6.暗記のみに頼らない化学の学習ができた	1 人
7.もっと化学を深く学んでみたいと思った	0 人
8.化学を楽しく学習できた	6 人
9.その他（ ）	0 人

表 26 項目 5「通常実験（1 回目）とマイクロスケール実験（2 回目、3 回目）ではどちらの方が実験操作を行いやすかったか。（1. 通常実験、2. マイクロスケール実験）」結果とその理由

1.通常実験	1 人
2.マイクロスケール実験	8 人
理由	
(1.と回答した理由) 特に記載なし	
(2.と回答した理由) 1 人でするから、実験器具が小さく素早い操作ができたから、器具がコンパクトで使いやすかった、危険が少ないから、何より簡単、器具が小さいから	

表 27 項目 6「マイクロスケール実験（2 回目、3 回目）で使用したワークシートは分かりやすかったか。（4 件法）」結果とその理由

平均	3.3
S.D	0.71
理由	
内容がまとめてあったから、どこに何を入れるかまちがえないから、ちゃんと書いてあり分かりやすかった、手順とかもあって分かりやすかったから、見やすかった、実験器具を模した図に実験結果を書き、実験操作も書いてあり分かりやすかったから	

(N=9)

項目 4 では 9 人全員が「成果があった」と回答していた。詳細としては、「8.化学を楽しく学習できた」と回答している場合が 6 人と最も多く、MC が意欲向上に有効であることが明らかとなった。項目 5 の「実験操作の行いやすさ」に関しては、操作が簡単である点や個人実験である点が挙がっていた。この記述から MC は実験操作の失敗が少なく済む、仮に失敗しても他の人に迷惑をかけずに済む、と感じ生徒は安心して実験に取り組むことができたと考えられる。項目 2 で挙がっていた安全面以外にも、MC は実験時の他者に対する過剰な遠慮を減少させる効果も見られた。

項目 7「今回使用したマイクロスケール実験のワークシート（実験用プリント、ラミネート加工ワークシート）で、ここを改善したらもっと分かりやすくなる、という点を教えてください。」においては、特に生徒の記述は無かった。

表 28 項目 8「小学校、中学校、高校 1 年生、2 年生までで、セルプレートや点眼びんなどの小さな器具を用いたマイクロスケール実験を行ったことはあったか。また行ったことがある場合、いつ、どこで行ったか。(1. 行ったことがある、2. 行ったことがない)」結果

1. 行ったことがある	0 人
2. 行ったことがない	9 人

項目 8「小学校、中学校、高校 1 年生、2 年生までで、セルプレートや点眼びんなどの小さな器具を用いたマイクロスケール実験を行ったことはあったか。」では、9 人全員が 2. 行ったことがない、と回答していた。このことから実習対象生徒全員が今回初めて MC を体験したことが判明した。

以上より、実験を MC で行うことにより、①実験操作の負担が軽減する、②安全性が高いため、実験への心理的負担の軽減につながる、③実験への意欲の向上に繋がるの 3 点において非常に高い効果があった、と言える。

3.6. 開発実習で明らかとなった MC の課題

開発実習における MC の実践の結果、以下の課題が見つかった。

1 点目は、観察のタイミングについての指導である。直後調査アンケートの結果より、MC は実験操作が容易なため、あまり考えずに全ての実験操作を行う傾向があることが明らかとなった。その結果、実験前の溶液の色等を忘れてしまい、実験前後の比較や実験結果の記録ができなくなるという弊害があった。

2 点目は、実験結果の共有方法である。MC は個人実験のため、実験者数だけ実験結果が出る。実験結果の現れ方に差が出た場合、自分の結果と相手の結果のどちらが正しいのかが分からない場合があった。また、非常に間違えることを恐れている生徒にとっては、この実験結果の差により、自分が行った実験操作や考察に自信が持てなくなる場合があったと考えられた。

4. 改善実習

4.1. 改善実習の目的

改善実習では開発実習での実践で明らかとなった課題である「実験結果観察のタイミング・方法」と「実験結果の共有」を改善するためにワークシートと授業展開を改良することを目的とした。また、開発実習と同様に小テストや直後アンケートを行い、生徒の学力や学習意欲の変化も観察した。

4.2. 単元「電池・電気分解」授業計画

改善実習は、平成 28 年 9 月 2 日（金）～9 月 29 日（木）に第 3 学年総合カルチャー（理系）コースの 9 人を対象に実施した。授業や学校行事のスケジュールを考慮して、全 9 時間のうち、第 1 時に「電池の基本原理」、第 4 時に「ダニエル電池・鉛蓄電池」、第 9 時に「様々な電気分解」の MC を実施した。

表 29 改善実習授業内容

時	実施内容
1	電池の基本原理（MC を含む）
2	ダニエル電池、ボルタ電池・実用電池（マンガン乾電池、アルカリマンガン乾電池）
3	実用電池（鉛蓄電池）、燃料電池、1 次電池・2 次電池の例
4	MC（ダニエル電池・鉛蓄電池）
5	電気分解の仕組み、水の電気分解、水酸化ナトリウム水溶液の電気分解
6	希硫酸の電気分解、電極が溶ける電気分解、銅の製造
7	陰極・陽極での反応、様々な電気分解、水酸化ナトリウムの製造、アルミニウムの製造
8	電気分解の法則（ファラデーの法則）
9	MC（様々な電気分解）

4.3. 授業展開とワークシートの工夫

4.3.1. 開発実習時に明らかとなった課題

観察対象の把握が難しく、観察のタイミングや方法に課題があることが明らかとなった。
また、実験結果が他人と異なった場合に戸惑った等の記述からも実験結果の共有にも課題が見られた。

4.3.2. 改善策

① 授業展開の改善

観察と記録を細切れに行えるように改善する。まず個人で取り組み、結果を班で共有させた。その後、結果と原因を全体に向けて発表する形式で授業を進めた。

開発実習	
説明→作業→まとめ→発表	
改善実習	
説明→作業①→記録①→作業②→記録②→…→班で共有・まとめ→全体に発表・共有	

図 14 授業展開イメージ

	する。		
展開 (35分)	<p>[実験]電池の基本原理</p> <p>極板の種類による電流の有無を調べる。</p> <p>予想</p> <p>同極板どうし (Cu-Cu)</p> <p>異極板どうし (Cu-Zn, Cu-Mg)</p> <p>実験にて確認・記録</p> <p>予想</p> <p>CuSO₄水溶液、H₂SO₄水溶液、グルコース水溶液、デンプン水溶液で電流が流れるかどうか予想</p> <p>実験にて確認・記録</p> <p>おまけ実験</p> <p>レモン果汁、ミニトマトで電池を組み立て、電流の有無を確認する。→記録</p> <p>上記実験について班同士で結果を共有</p> <p>→異なる結果が出た場合挙手して発表</p> <p>電池の基本的な構造についてまとめる。</p>	<p>机間巡回を行い、危険な操作がないか監督する。</p> <p>実験操作が終わってから、再度変化の記録を確認し、必要な部分は書き加える。</p> <p>ワークシートに基づき、観察を行うよう指示する。</p> <p>様子を見ながら実験の後片付けの指示を出す。</p>	① ② ③
まとめ	リフレクションシートの記入。		④

図 15 改善実習授業展開例

② ワークシートの改善

結果の欄には自分と他者両方の結果を書く欄を設ける。そして他者と異なる結果となった場合の原因を考察する設問を設定した。

実験結果		
	自分の結果	班の人の結果
IC メロディー	鳴った・鳴らなかった	
電圧計		
銅板の変化（見た目）		
亜鉛板の変化（見た目）		

考察

1 → 思っていた結果が得られなかった場合、どのようなことが原因と考えられるか。（自分の結果をもとに考えてみよう）

2 → 自分の結果と班の人の結果より、考えられる負極・正極での変化を半反応式で書け。

負極

正極

図 16 改善実習ワークシート例（結果・考察部分）

4.4. 授業の実際

4.4.1. 通常授業（実験以外）について

通常の授業においては、巻末掲載の授業プリントを用いて授業を行った。また、パワーポイントを用いて授業を進めていくことにより授業の進行をスムーズにしたり、物質や反応の様子を画像や動画で提示する等、視覚的に学習内容を分かりやすくする工夫を行った。

4.4.2. 実験について

● 第1時「電池の基本原則」(MC)

1人1つの実験器具を用いた個人実験の形式で実験を行った。実験に際しては、ビーカーの代わりにセルプレート、試薬びんの代わりに点眼びんを用いた。また、開発実習での実践と同様、目を保護するために安全メガネを着用した。また、セルプレートのどの穴にどの試薬を入れるかを分かりやすくするため、ラミネート加工のワークシートを用いた。

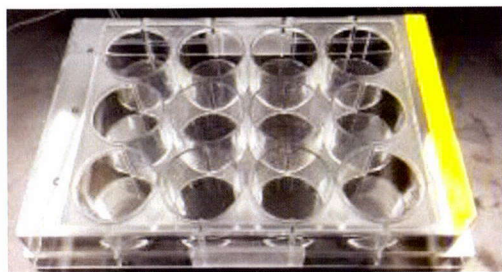


図18 セルプレート



図17 点眼びん

実験では、既習事項の復習も兼ねて電池には、「異なる種類の金属板」、「電解質水溶液」が必要であることを理解させることを目標とした。まず、同種類の極板と異種類の極板を用いて電流が流れるかを確認する実験を行った。次に電解質水溶液（ CuSO_4 水溶液、 H_2SO_4 水溶液）、非電解質水溶液（グルコース水溶液、デンプン水溶液）でそれぞれ電流が流れるかを確認する実験を行った。最後に、お楽しみ実験として、レモン果汁とミニトマトを用いて電池を組み立て電流が流れることを確認する実験を行った。電流が流れていることの確認にはIC メロディーを用いた。

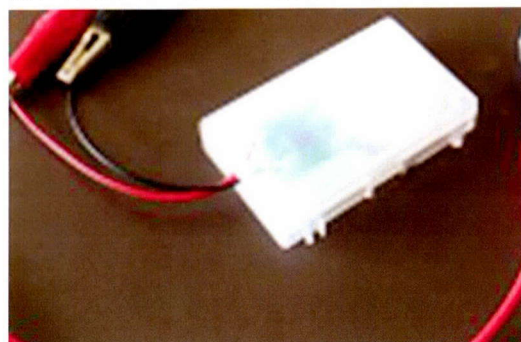


図19 IC メロディー

実験時はスケールが小さいためか、なかなか思うように電流が流れない場面があった。また、IC メロディーの種類によって、同じ条件でも音が鳴るものとならないものも現れた。このため、最終的にどうしても IC メロディーの音が鳴らず電流の有無の確認ができなかった生徒には音が鳴った IC メロディーを用いて電流の有無を確認させた。

● 第4時「ダニエル電池・鉛蓄電池」(MC)

1人1つの実験器具を用いた個人実験の形式で実施した。ダニエル電池の実験では、セルプレートを用いて実験を行った。1つの穴に硫酸銅(Ⅱ)水溶液(CuSO_4 水溶液)、その隣の穴に硫酸鉛水溶液(ZnSO_4 水溶液)を入れ、それぞれに銅板と亜鉛板を差し込んだ。また、塩橋として、ろ紙に硫酸ナトリウム水溶液(Na_2SO_4 水溶液)をしみこませたものを用いた。(図)授業の際は、点眼びんに入れた、 1.0 mol/L CuSO_4 水溶液(青キャップ) 1.0 mol/L ZnSO_4 水溶液(赤キャップ)、 1.0 mol/L Na_2SO_4 水溶液(ピンクキャップ)、亜鉛(Zn)板、銅(Cu)板、導線(赤・黒)、IC メロディーを配布した。また、電圧計で起電力の測定も行った。

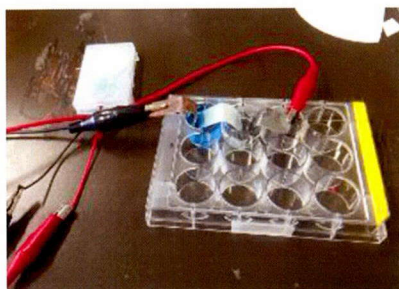


図 21 ダニエル電池組み立て

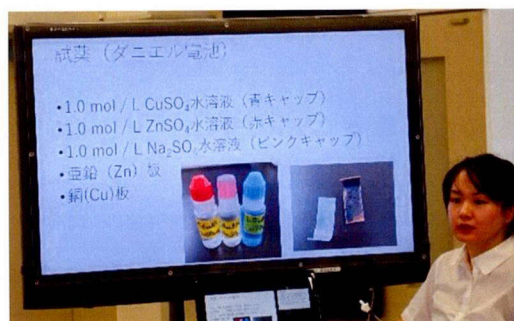


図 20 事前説明の様子①

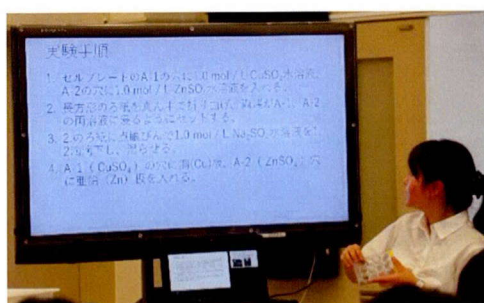


図 22 事前説明の様子②

実際に実験を行った結果、電圧計はほとんどの生徒が反応したので、起電力の確認はできた。しかし、IC メロディーの音は鳴らない生徒が多かった。これは、実験スケールが小さいために金属極板と水溶液が接する面積が小さかったため、また使用した銅板や亜鉛板が古く、酸化していたため、電流が流れにくかったと考えられる。

鉛蓄電池の実験には、ビーカーの代わりにパックテスト容器（図 21）を使用した。この中に希硫酸（ H_2SO_4 水溶液）を入れ、電極として鉛板を用いた。また、充電を行う際の電源装置には USB 電源装置（図）を用いた。USB 電源装置は に掲載された作り方に基づき作製した。実験の際は、点眼びんに入れた希硫酸（ H_2SO_4 水溶液）（白キャップ）、鉛（Pb）板、導線（赤・黒）、IC メロディーを 1 人 1 つずつ配布した。また、USB 電源装置は 3 人で 1 つの USB ハブ（4 か所接続可能）を使用した。



図 23 パックテスト容器

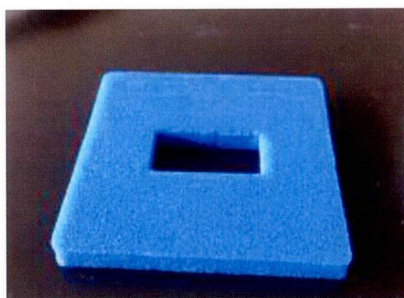


図 24 セル用ベース

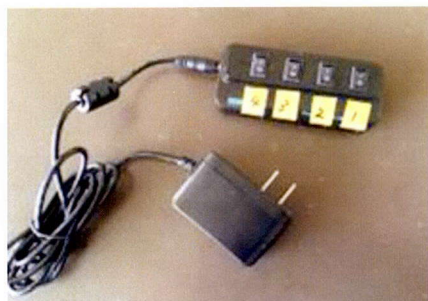


図 25 スイッチ付き USB ハブ

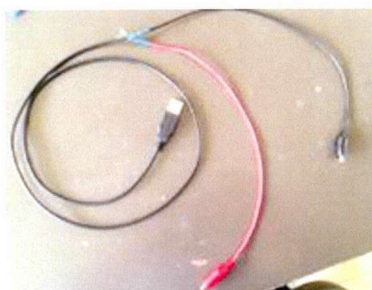


図 26 USB 電源装置導線

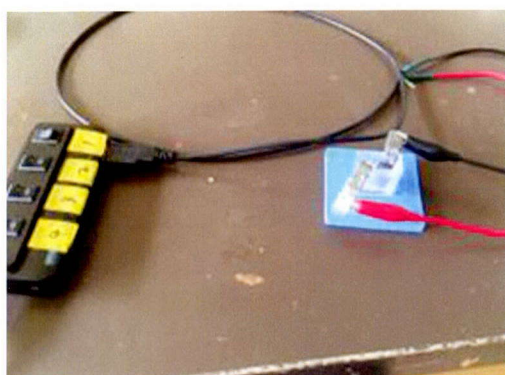


図 28 鉛蓄電池の充電（USB 電源装置より）

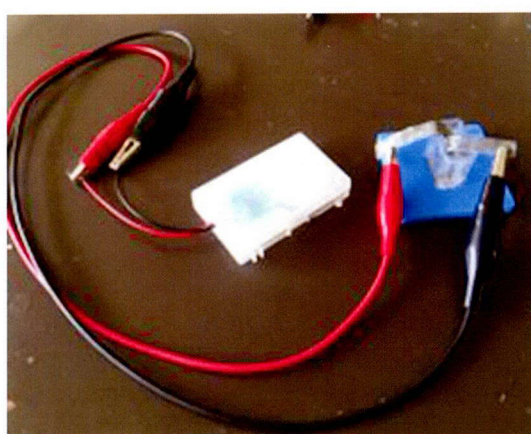


図 27 鉛蓄電池の放電 IC

実際に実験を行った結果、電圧計はほぼすべての生徒が反応した。IC メロディーの音は鳴った生徒と鳴らなかった生徒がいた。音が鳴らなかった生徒に対しては、充電時間を多くすること、鉛板どうしが触れ合わないようすることを再度注意喚起し、再実験を何度か繰り返すと全員の生徒が IC メロディーの音が鳴り、電流の流れを確認することができた。

この時間においては、パックテスト容器や USB 電源装置の使用が初めてであったため、これらの名称の確認や使用上の注意等を念入りに行った。また、電池を組み立てたものの写真をパワーポイントで示し、実験器具の組み立て方をイメージしやすくした。

● 第 9 時「様々な電気分解」(MC)

1 人 1 つの実験器具を用いる個人実験の形式で実施した。

まず、ムラサキキャベツ水の電気分解を行った。ビーカーの代わりにパックテスト容器、試薬びんの代わりに点眼びん、USB 電源装置、電極としてホルダー芯(図)を用いた。ムラサキキャベツ水はムラサキキャベツを千切りにして沸騰したお湯で 5 分程度煮た後、煮汁のみを回収して作った。ホルダー芯は、直径 2 mm のシャープペンシルの芯を 3 cm の長さに切断して作製した。



図 29 ホルダー芯

実験ではパックテスト容器にムラサキキャベツを入れ、穴を開けたパックテスト容器の蓋にホルダー芯を 2 本差し込み、USB 電源を装着し、電流を流した(図)。まず、個人で陽極・陰極での反応やムラサキキャベツ水の色の変化等を予想した後、実験を行い、観察・記録をした。その後、班の人と結果を見比べ、ワークシートに記録した。

実際に実験を行った結果、ほぼ全員の生徒において、想定通りの結果が出た。また、陽極、陰極において色の変化がはっきり見えたため、生徒の反応も良かった印象を受けた。

次に、各種電解質水溶液の電気分解を行った。 CuSO_4 水溶液、 AgNO_3 水溶液、 KI 水溶液の 3 種類のうち、時間の関係上 1 種類の割り当てられた水溶液について電気分解を行い、陽極と陰極での変化や反応を観察した。

実験の際は、点眼びんに CuSO_4 水溶液（青キャップ）、 AgNO_3 水溶液（白キャップ）、 KI 水溶液（黄色キャップ）を入れ、パックテスト容器、セル用ベース、ホルダー芯、導線（赤・黒）、とともに配布した。

この実験では、全員の生徒が想定通りの結果を得ることができた。

4.4.3. 生徒の様子

今回は、開発実習時に MC を経験していたため、点眼びんやセルプレートの取り扱いに關してのトラブルはなかった。また、作業もスムーズに進んでいた印象を受けた。しかし、電池の基本原則とダニエル電池の実験を中心になかなか思うように電流が流れない場面が多かったため、実験結果にもどかしさを感じる、実験へのモチベーションが下がる生徒の様子が伺えた。

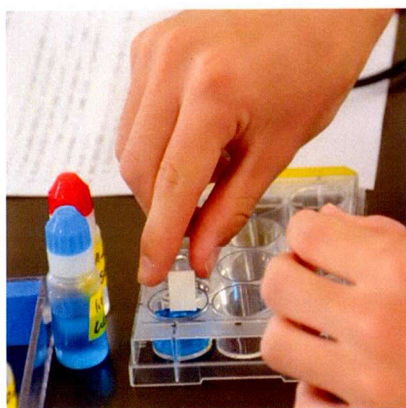


図 30 実験の様子①

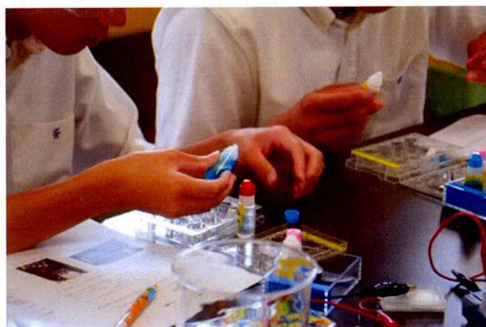


図 31 実験の様子②



図 32 3 人班での実験の様子

4.5. 結果と考察

4.5.1. 比較チェック項目より

開発実習の際と同様の比較チェック項目を用い、条件面の比較を行った。

表 30 準備時間・後片付け時間・廃液量

	改善第 1 時 (MC)	改善第 4 時 (MC)	改善第 9 時 (MC)
準備時間	約 200 分	約 100 分	約 110 分
後片付け時間	約 39 分	約 58 分	約 52 分
廃液量	約 126 mL	約 35 mL	約 43 mL

改善実習第 1 時では MC 用に小さな金属極板を作製しなければならず、金属を小さくカットするのに膨大な時間と労力が必要であったため、準備時間も多く必要となった。同じ実験を 2 回目以降行う際にはすでに作製した器具を用いることができるため、準備時間はこれよりも大幅に減少することができると考えられる。

表 31 実施上の注意点

改善第 1 時 (MC)	○IC メロディーを鳴らすための工夫が必要
改善第 4 時 (MC)	○ダニエル電池→音が鳴りにくい、起電力が低め○鉛蓄電池→パックテスト容器を安定させて実験するのが難しい。○希硫酸をこぼした生徒がいた。→こぼした際にどうするのかの具体的指導必要
改善第 9 時 (MC)	○USB 電源装置を安定して装着できるか (パックテスト容器を倒さずに装着できるか)

今回は、特に電池の実験において、電流の大きさが小さく電流の有無を確認するための IC メロディーの音が鳴りにくい、鳴らないというトラブルが発生した。この原因としては、MC ではスケールが小さいため金属極板と水溶液の接触面積が小さく、電流が小さくなったことや、用いた金属板が古く酸化していたために起電力自体が小さくなってしまったことの 2 つが考えられた。

表 32 実験操作の簡易さ

改善第 1 時 (MC)	○ (少人数の場合は特に) レモン汁、ミニトマトなどの身近なもので手軽に実験ができる
改善第 4 時 (MC)	○ 点眼びんで溶液を入れる→駒込ピペットが必要ないので便利
改善第 9 時 (MC)	○ パックテスト容器に差し込んだホルダー芯に USB 電源装置を装着するだけで良いので手軽

実験操作は開発実習時と同様、非常に簡単であった。特にパックテスト容器を用いた MC では、充電・放電が非常に簡単で短時間ででき、2 回目、3 回目の実験も手軽に行うことができた。また、ミニトマトやレモン果汁等、身の回りのものを用いた実験も簡単にできた。使用する果汁量も少なく済んだ印象を受けた。

表 33 実験中のトラブル

改善第 1 時 (MC)	○ IC メロディーが鳴らなかった (電流が小さい) ○ IC メロディーが鳴らなかったが故にモチベーションが下がる生徒がいた。○ トマトに金属板を差し込むのが難しかった生徒がいた。
改善第 4 時 (MC)	○ パックテスト容器が小さいため、極板同士が触れ合ってしまう、充電・放電が上手くできない生徒がいた。○ IC メロディーが鳴らない (極板の問題のため) ○ 金属板が古く、酸化→よく磨いておく必要があった。
改善第 9 時 (MC)	○ ホルダー芯をパックテスト容器のふたに差し込む際に折れやすい→事前指導の必要あり。実際に折れた生徒もいた。(1 人)

今回は、特に電池の実験において、電流の大きさが小さく電流の有無を確認するための IC メロディーの音が鳴りにくい、鳴らないというトラブルが発生した。この原因としては、MC ではスケールが小さいため金属極板と水溶液の接触面積が小さく、電流が小さくなったことや、用いた金属板が古く酸化していたために起電力自体が小さくなってしまったことの 2 つが考えられた。MC では実験スケールが小さいためこのようなトラブルが起これないように、事前に金属板をしっかりと磨いておく等の工夫が必要であった。

また、金属極板同士が触れ合ってしまう充電・放電が上手くできない生徒も現れた。MC は実験器具が小さいため、金属板がどうしても触れ合いやすくなる。金属板のサイズを再考する、金属板の間に何かを挟む等で手軽にできる工夫を考える必要がある。

また、実験が失敗した場合、何が正しいか分からなくなる生徒や、モチベーションが下がってしまう生徒も多かった。そのため、事前に実験が成功した場合の画像や動画を撮影し、実験の最後に確認する等生徒が模範解答を確認する機会を設ける必要もあると感じた。

表 34 考察

改善第 1 時 (MC)	
改善第 4 時 (MC)	
改善第 9 時 (MC)	○時間が許す限り、何度でも試すことが可能→深い考察や詳しい観察に繋がった。

考察に関しては、パックテスト容器を用いた実験の操作が非常に簡単であったため、実験結果の確認を複数回行うことができた例や 1 度実験が失敗しても 2 回目、3 回目の操作で実験結果を得ることができた例が見られた。時間が許す限り何度も再実験を行うことができたため、詳しい観察や深い考察に繋がった印象を受けた。

表 35 後片付け

改善第 1 時 (MC)	○導線と濡れたセルプレートをどのように回収するか困った。
改善第 4 時 (MC)	○極板（金属板）の数が多く、混ざってしまった。分別が大変→金属板の種類ごとに回収するための工夫が必要○パックテスト容器の洗浄は非常に簡単だった。
改善第 9 時 (MC)	○USB 電源の線が切れた（2 本）（内側の導線が非常に細い）→切れない工夫が必要

今回は USB 電源装置を用いたため、導線と容器で濡れたセルプレート等をどのように回収するかで困る場面があった。また、金属極板の数が多く、一斉に回収するのみでは金属板が混ざってしまい、後片付けが大変であった。回収するものの種類ごとに場所を決めて回収をする等の工夫が必要であると感じた。

表 36 その他

改善第 1 時 (MC)	○極板を小さくカットするのが大変、時間がかかる、手が痛くなる。
改善第 4 時 (MC)	○ダニエル電池の予備実験が大変だった（電流が流れにくかった）、○USB 電源装置は簡単に作成できたが、ワイヤーストリッパーを用いずに製作すると、指の皮がむけて痛かった、
改善第 9 時 (MC)	○実験結果の記入や考察に生徒が慣れてきた。○セル用ベースにパックテスト容器を置かずに実験する生徒がいた→慣れ、習慣づけが必要

改善実習では、開発実習時に生徒が MC を経験していることもあり、実験結果の記入や考察に慣れてきている印象を受けた。

一方、今回は電池の実験で金属極板を用いた。サイズの小さな金属極板を大量に作製しなければならなかったため、時間がかかり、手も痛くなる等大変であった。

4.5.2. 事前・事後小テストより

改善実習では、第4時、第9時のMCの前後にそれぞれ事前・事後小テストを行った。
第4時は「ダニエル電池・鉛蓄電池」から、第9時は「電気分解」から出題した。

表 37 第4時、第9時事前・事後小テスト平均得点 (N=9)

	事前	事後
改善第4時 (16点満点) (ダニエル電池・鉛蓄電池)	4.4 (2.0)	5.3 (2.3)
改善第9時 (16点満点) (電気分解)	5.0 (3.5)	6.1 (3.6)

第4時は統計的な有意差は出なかったが、事前よりも事後の方が平均得点が高くなっていた。

第9時実施の小テストでも、事前より事後の方が平均得点が高くなっていた。また、この結果について対応のあるt検定を行ったところ、 $p=0.0404$ （両側）となり、5%水準での有意差があることが明らかとなった。

これらの結果から、MCは学力の向上にも非常に効果があったと考えられる。

4.5.3. 直後調査より

MC 実施後に直後調査を行った。選択部分の結果は以下の通りである。

表 38 直後調査結果（項目 1～7、4 件法）、改善実習 (N=9)

		第 1 時 (MC)	第 4 時 (MC)	第 12 時 (MC)
1	この時間に行った実験は楽しかった	3.6 (0.53)	3.2 (0.44)	3.6 (0.52)
2	この時間に行った実験内容は理解できた	3.2 (0.53)	3.1 (0.46)	3.3 (0.53)
3	何を観察しているか分かりやすかった	3.2 (0.53)	3.3 (0.49)	3.3 (0.52)
4	実験の操作は行いやすかった	3.2 (0.52)	3.3 (0.41)	3.9 (0.45)
5	実験器具は使いやすかった	3.3 (0.55)	3.3 (0.45)	3.9 (0.50)
6	自らの手で進んで実験操作を行うことができた	3.6 (0.58)	3.6 (0.50)	3.6 (0.58)
7	今回の実験には集中して取り組むことができた	3.5 (0.58)	3.4 (0.58)	3.8 (0.71)

第 4 時「ダニエル電池・鉛蓄電池」実施後は、項目 1「この実験は楽しかった」、項目 2「この時間に行った実験内容は理解できた」、項目 7「今回の実験には集中して取り組むことができた」において平均値が低くなった。これは、ダニエル電池の実験においてなかなか電流が流れなかったり鉛蓄電池の実験において鉛板どうしが触れ合ってしまった結果、思うような実験結果が得られなかったため実験に対する意欲の向上や内容理解に繋がりにくかったことが原因と考えられる。第 8 時「様々な電気分解」においては、比較的实验操作が簡単で結果が短時間で出る実験を設定したため、これらの項目の平均値は回復し、さらに第 1 時「電池の基本原理」における結果よりも大きくなった。

また、項目 6「自らの手で進んで実験操作を行うことができた」では、第 8 時の平均値は第 1 時、第 4 時よりも高くなっている。これは、第 8 時「様々な電気分解」においては比較的短時間で結果が出る実験が多く、実験結果を何度も確認したり、最初の操作で思うような実験結果が得られなかった場合は原因を考え、再度操作を行う機会を多く取ることができたためであると考えられる。

また、記述部分の結果は以下の通りである。

表 39 項目 8「今回の実験で困ったことを書いてください。」結果

第 1 時 (MC) 「電池の基本原理」	<ul style="list-style-type: none"> ・ 音が鳴りにくい時があった ・ トマトに（極板が）刺さらなかった ・ 本当は音が鳴ったりするものも、なかったところ ・ 音が鳴らなかったこと、 ・ 起電力が小さく、なかなか音が鳴らなかった
第 4 時 (MC) 「ダニエル電池・鉛蓄電池」	<ul style="list-style-type: none"> ・ 操作方法 ・ 充電と放電の仕組みを書けなかった ・ 充電後金属板が重ならないようにするのが難しかった ・ IC メロディーが鳴らなかったり、電圧計で計測があまりできなかった ・ 極（板）どうしが引っ付く ・ 鉛の方が小さくて難しかった ・ 音が鳴らなかった ・ 充電が上手くできなかった
第 9 時 (MC) 「様々な電気分解」	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気体が発生してもすぐに何かが分からなかった ・ 発生したものが何か分からなかった、

IC メロディーが鳴らなかった、電流が鳴らなかった、等の思うような実験結果が得られなかった点に関する記述が目立った。MC では実験スケールが小さかったため、流れた電流の大きさも小さくなってしまった点、また、使用した金属板が古く酸化していたため起電力自体が小さくなっていた点が原因と考えられる。また、パックテスト容器が非常に小さいために、金属板同士が重なる等の記述もあった。

表 40 項目 9「今回の実験で一番大切だと思ったことを書いてください。」結果

第 1 時 (MC) 「電池の基本原理」	特に記載はなし
第 4 時 (MC) 「ダニエル電池・鉛蓄電池」	<ul style="list-style-type: none"> ・ (極板を) 接触させないこと ・ 安全メガネをすること ・ 金属板が重なると電流がそこで流れてしまい電気を取り出せなくなるので板が重ならないように置く工夫が大切だと思いました
第 9 時 (MC) 「様々な電気分解」	<ul style="list-style-type: none"> ・ 反応をはっきりと読み取るために電流を流す時間は長い方がいい

今回は、「金属板が重なると電流がそこで流れてしまい電気を取り出せなくなるので板が重ならないように置く工夫が大切だと思いました」「反応をはっきりと読み取るために電流を流す時間は長い方がいい」のような実験の操作と結果の因果関係を考慮した記述があった。これは、何度も実験操作を行うことができたこと、ワークシートに他者と自分の実験結果を比較する項目や他者と結果が異なった場合その理由を考える項目を設けたことにより、より考察が深まったためであると考ええる。

4.5.4. 事後調査より

第9時MC「様々な電気分解」を行った後、今まで実施したマイクロスケール実験を振り返る事後アンケートを実施した。改善事後独自項目の調査結果は以下の通りである。(4件法の部分は4.とてもあてはまる、3.あてはまる、2.あまりあてはまらない、1.あてはまらない、で回答)

以下は独自項目で、改善実習時に実施したマイクロスケール実験を思い出しながら回答する設問である。

表 41 項目1「マイクロスケール実験の器具（バックテスト容器、USB 電源装置等は使いやすかったか）（4件法）」結果

平均	3.67
S.D	0.50

(N=9)

表 42 項目1詳細

どのような点が使いやすかったか	
	軽くて壊れにくい素材でできている点、コンパクトで使いやすい、小さいので分かりやすい、安全に利用できる、一人ずつ自分のペースで出来る、観察がしやすい、簡単な手順で使える、
どのような点が使いにくかったか	
	(極板同士が) ぶつかったりした。

表 43 項目2「今回の実験全体を通して何か困ったことはあったか」結果

	流れる電流が小さくて、反応を見づらかった、発生したものが何か分からなかった、(IC メロディーの) 音が鳴らない時があった、
--	--

MC 用実験器具の使いやすさについては、平均が 3.67 (S.D 0.50) となり、今回初めて使用したバックテスト容器や USB 電源装置に関しても使いやすいと感じている生徒が多いことが明らかとなった。また、使いやすかった点としてはコンパクトさ、安全性、個別性に言及しているものが多かった。一方、使いにくかった点としては、金属極板がぶつかってしまう等、実験器具の小ささから生じる不都合について言及しているものが見られた。

表 44 項目 3「今回行ったマイクロスケール実験では 1 人 1 個用いて実験を行いました、このことにより化学の学習に関して何か成果はあったか(人)」結果

①成果はあった	9 人
②成果はなかった	0 人

表 45 「(項目 3において) 成果があったと回答した場合、どのような成果があったか。(複数可)」

成果があったと回答した場合、どのような成果があったか。(複数可)	人数 (人) (9 人中)
1.実験の原理が分かった	2 人
2.何を観察しているか分かった	3 人
3.実験結果の理由が分かった	0 人
4.電池・電気分解の内容の理解がしやすかった	1 人
5.進んで考察ができた	3 人
6.暗記のみに頼らない化学の学習ができた	3 人
7.もっと化学を深く学んでみたいと思った	0 人
8.化学を楽しく学習できた	5 人
9.その他	0 人

また、項目 3「今回行ったマイクロスケール実験では 1 人 1 個用いて実験を行いました、このことにより化学の学習に関して何か成果はあったか」については 9 人中 9 人が「成果があった」と回答した。また、「成果があったと回答した場合、どのような成果があったか。(複数可)」においては、「8.化学を楽しく学習できた」と回答した生徒が 9 人中 5 人と最も割合が高かった。また、「2.何を観察しているか分かった」「5.進んで考察ができた」「6.暗記のみに頼らない化学の学習ができた」も 9 人中 3 人が回答していた。

5. 開発実習と改善実習の比較

5.1. 開発実習・改善実習の結果及び考察

5.1.1. 開発事前・開発事後・改善事後調査共通項目

開発事前・開発事後・改善事後において実施したアンケートの共通項目の調査結果（4件法）は以下の通りである（表 46）。

表 46 開発事前・開発事後・改善事後調査共通項目結果 (N=9)

		開発事前	開発事後	改善事後
実験を取り入れた授業は好きだった（開発事前）/実験は好きだ。（開発事後・改善事後）	平均	3.0	3.1	3.3
	S.D	0.50	0.78	0.50
実験の目的を意識しながら実験を行うことができた。	平均	2.8	3.0	3.2
	S.D	0.44	0.50	0.44
実験結果から何が分かるかを考えながら実験操作を行った。	平均	2.6	2.7	3.1
	S.D	0.73	0.50	0.33
安全面に気をつけながら実験を行うことができた。	平均	3.6	3.7	3.8
	S.D	0.73	0.50	0.44
自分の手で実験することは大切だと思った。	平均	3.7	3.4	3.8
	S.D	0.50	0.53	0.44

これらの調査結果について 1 元配置分散と多重比較検定を行ったところ、統計的な有意差は見られなかったが基本統計量の平均値はそれぞれ開発事前 3.0、開発事後 3.1、改善事後 3.3 となり、開発事前・開発事後・改善事後に進むにつれて上昇が見られた（図 28）。

しかし、「自分の手で実験することは大切だと思った」の項目については事前と開発事後の間で平均値の減少が見られた。これは、ただ MC（個人実験）を行うだけでは主体的に実験を行うことの重要性が実感しにくくなったことが考えられる。そこで授業展開とワークシートの改善を行い、こまめな観察と記録、実験結果の有効的な共有と観察ができるようになった結果、改善事後では平均値は回復した。

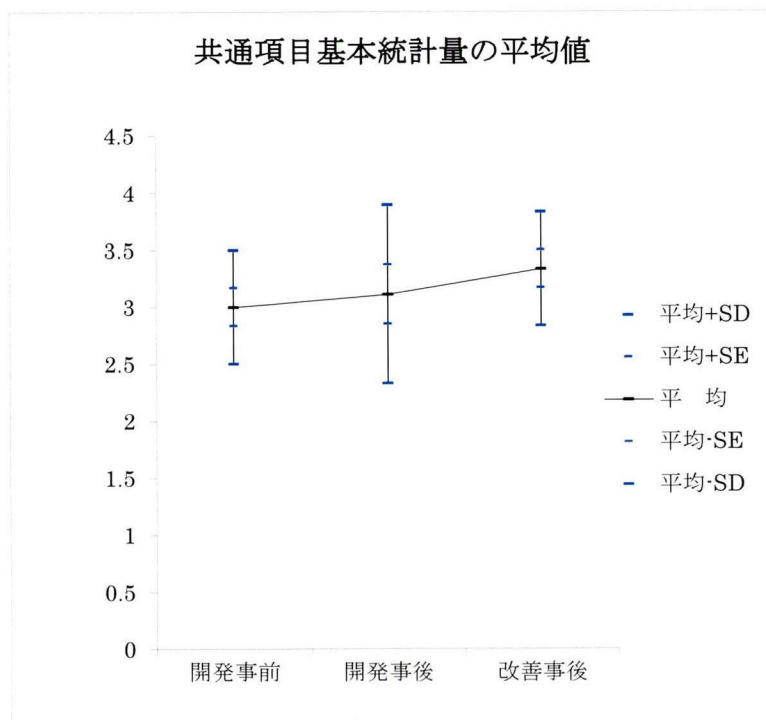


図 33 開発事前・開発事後・改善事後共通項目の平均値推移

5.1.2. 直後調査

各通常実験、MC 実施後に行った直後調査(4 件法)の質問項目と結果は以下の通りである。

表 47 直後調査平均値(項目 1～7、4 件法)(N=9)

			開発実習			改善実習		
			通常(酸化剤・還元剤)	MC(酸化剤・還元剤)	MC(金属のイオン化傾向)	MC(電池の基本原理)	MC(ダニエル電池・鉛蓄電池)	MC(電気分解)
1	この時間に行った実験は楽しかった	平均	3.2	3.6	3.4	3.6	3.2	3.6
		S.D	0.44	0.53	0.53	0.53	0.44	0.52
2	この時間に行った実験内容は理解できた	平均	3.2	3.0	3.2	3.2	3.1	3.3
		S.D	0.44	0.50	0.67	0.67	0.78	0.46
3	何を観察しているか分かりやすかった	平均	3.4	3.2	3.4	3.2	3.3	3.3
		S.D	0.53	0.44	0.53	0.44	0.50	0.46
4	実験の操作は行いやすかった	平均	3.6	3.7	3.6	3.2	3.3	3.9
		S.D	0.53	0.50	0.53	0.44	0.50	0.35
5	実験器具は使いやすかった	平均	3.4	3.7	3.7	3.3	3.3	3.9
		S.D	0.53	0.50	0.50	0.50	0.50	0.35
6	自らの手で進んで実験操作を行うことができた	平均	3.4	3.8	3.7	3.6	3.6	3.7
		S.D	0.53	0.44	0.50	0.53	0.53	0.52
7	今回の実験には集中して取り組むことができた	平均	3.6	3.6	3.6	3.5	3.4	3.8
		S.D	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.46

項目 1～7 の結果を開発実習・改善実習において 2 元配置分散分析を行ったところ、 $p=0.005$ となり、5 %水準における平均値の上昇が見られた。また、この結果を開発実習・改善実習における「質問項目」の単純主効果の測定を行うと、項目 4 で $p=0.032$ 、項目 5 で $p=0.032$ となり、それぞれ 5%水準での有意差が見られた。また、多重比較検定の結果、項目 1 ($p=0.0001$)、項目 4 ($p=0.0000$)、項目 5 ($p=0.0000$)、項目 7 ($p=0.0018$) となり、それぞれ 1%水準で有意に上昇していることが明らかとなった。

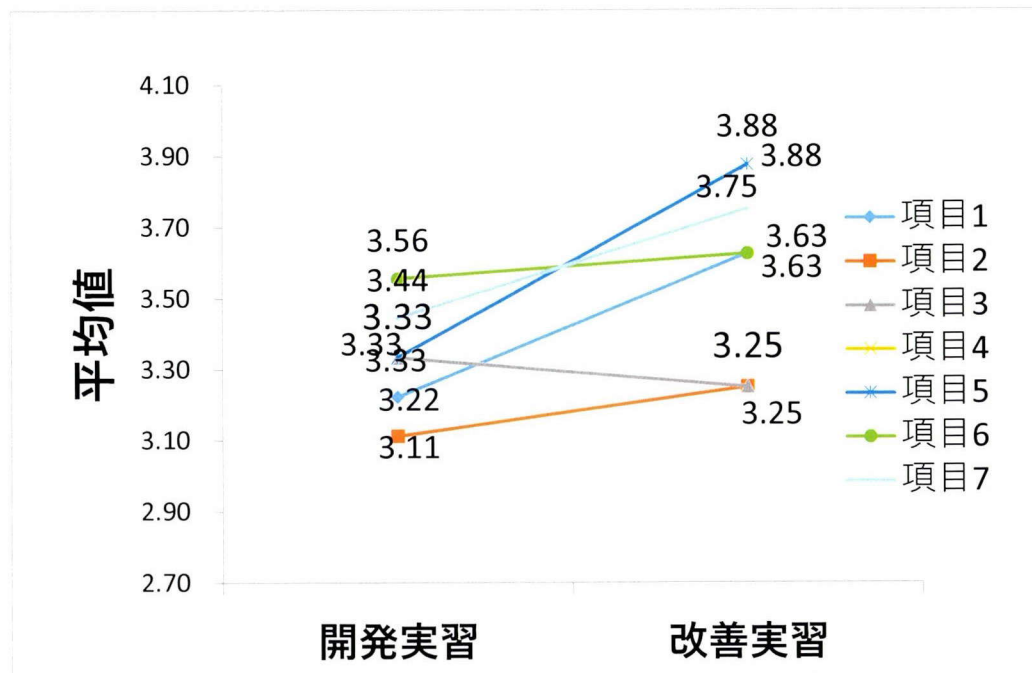


図 34 開発・改善実習直後調査平均値の変化（項目 1～7、4 件法）

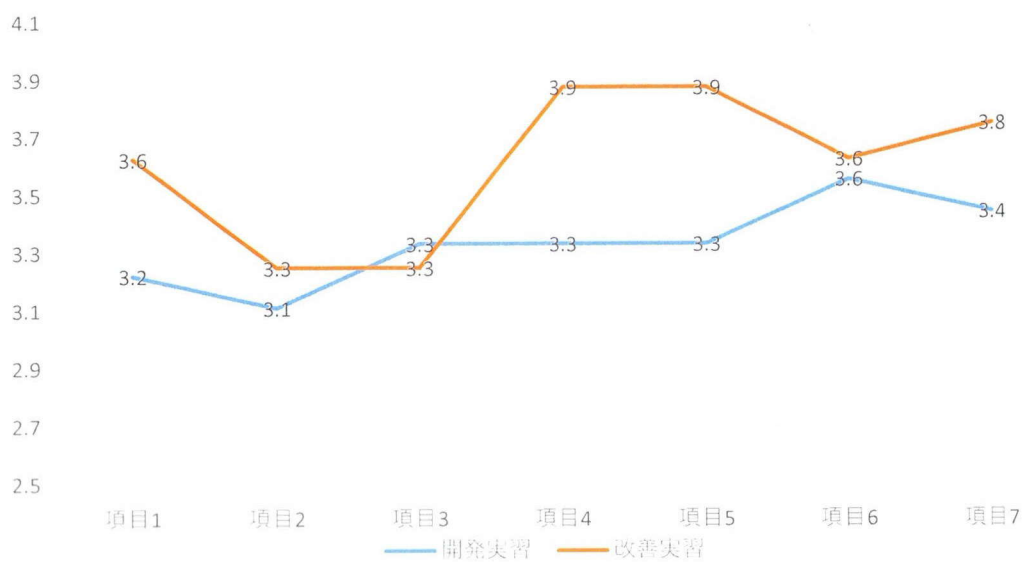


図 35 開発・改善実習における平均値の変化（項目 1～7、4 件法）

5.1.3. 改善事後調査アンケート開発・改善比較項目

以下は今回（9月、改善実習時）行ったマイクロスケール実験（電池の基本原理、ダニエル電池・鉛蓄電池、ムラサキキャベツ水・各種水溶液の電気分解）と6月（開発実習時）に実施したマイクロスケール実験（酸化剤・還元剤、金属のイオン化傾向）を比較する設問である。

表 48 項目 8「どちらの方が細かくしっかり結果確認できたか。」

①9月（改善実習）	②6月（開発実習）
人数（人）	人数（人）
9人（100％）	0人（0％）

表 49 項目 8「どちらの方がしっかりと結果確認できたか。」理由

①9月（改善実習）を選んだ理由	周りの人とより話し合って結果を確認したから、楽しかった、器具に慣れて使いやすかった、慣れてきたのがあったから
②6月（開発実習）を選んだ理由	変化が分かりやすい

表 50 項目 5「どちらの方が実験前後の状態の比較を行いやすかったか。」結果

①9月（改善実習）	②6月（開発実習）
人数（人）	人数（人）
5人（56％）	4人（44％）

表 51 項目 5「どちらの方が実験前後の状態の比較を行いやすかったか。」理由

①9月（改善実習）を選んだ理由	金属が小さくなったり、大きな変化が見られたから、前後で状態の変化が大きかったから、
②6月（開発実習）を選んだ理由	色の変わりや気体の発生の比較が溶液ごとでできた、変化が分かりやすい

表 52 項目 6「どちらの方が実験内容の理解ができたか。」結果

①9 月（改善実習）	②6 月（開発実習）
人数（人）	人数（人）
5 人（56 %）	4 人（44 %）

表 53 項目 6「どちらの方が実験内容の理解ができたか。」理由

①9 月（改善実習）を選んだ理由	電気が流れているかがはっきりしていた、身近なものの観察だったから
②6 月（開発実習）を選んだ理由	変化が分かりやすい

表 54 項目 7「どちらの方が他の人と実験結果の共有を行いやすかったか。」結果

①9 月（改善実習）	②6 月（開発実習）
人数（人）	人数（人）
8 人（89 %）	1 人（11 %）

表 55 項目 7「どちらの方が他の人と実験結果の共有を行いやすかったか。」理由

①9 月（改善実習）を選んだ理由	音が鳴ったりならなかったりだったから、結果が似たものが多かったから
②6 月（開発実習）を選んだ理由	変化が分かりやすい

表 56 項目 8「どちらの方が思うような実験結果が得られなかった場合の原因を考えることができたか」結果

①9 月（改善実習）	②6 月（開発実習）
人数（人）	人数（人）
8 人（89 %）	1 人（11 %）

表 57 項目 8「どちらの方が思うような実験結果が得られなかった場合の原因を考えることができたか」理由

①9 月（改善実習）を選んだ理由	原因の推測ができたから、思ったことを何度も試すことができたから、極板が触れて電流が流れなかったから
②6 月（開発実習）を選んだ理由	変化が分かりやすい

表 58 項目 9「どちらの方が考察を行いやすかったか。」結果

①9 月（改善実習）	②6 月（開発実習）
人数（人）	人数（人）
6 人（67 %）	2 人（22 %）
いずれも特に理由の記載は無し	

いずれの項目においても過半数の生徒が 9 月（改善実習時）実施の MC の方が良い、と回答していた。特に結果確認、実験結果の共有、原因の分析に関しては 88%以上の生徒が 9 月実施の MC の方が分かりやすかった、行いやすかったと回答していた。この結果からも、授業展開や実験用ワークシート改良の効果があったと考えられる。また、原因考察の項目（項目 8）では、①9 月と回答した理由として、「思ったことを何度も試すことができたから」と、MC の特徴である個別性と操作の簡易性に由来する理由が挙がっていた。

5.1.4. 開発実習・改善実習 MC 成果の実感比較

開発実習事後調査と改善実習事後調査アンケートにて「マイクロスケール実験（2回目、3回目の実験）では実験器具を1人1個用いて実験を行いましたがこのことにより化学に関して何か成果はあったか。」 / 「(改善実習) 今回行ったマイクロスケール実験では1人1個用いて実験を行いました、このことにより化学の学習に関して何か成果はあったか(人)」をそれぞれの調査において質問項目として設定した。

各実践後のアンケートにおいては、いずれも9人全員が「成果があった」と回答していた。また、「成果があったと回答した場合、どのような成果があったか。(複数可)」の開発実習事後と改善実習事後の結果は以下の通りである。

表 59 MC の成果詳細（開発・改善比較）

	開発実習	改善実習
1. 実験の原理が分かった	2 人	2 人
2. 何を観察しているか分かった	4 人	3 人
3. 実験結果の理由が分かった（開発実習時） / 電池・電気分解の内容の理解がしやすかった（改善実習時）	2 人	0 人
4. 内容の理解がしやすかった	1 人	1 人
5. 進んで考察ができた	3 人	3 人
6. 暗記のみに頼らない化学の学習ができた	1 人	3 人
7. もっと化学を深く学んでみたいと思った	0 人	0 人
8. 化学を楽しく学習できた	6 人	5 人
9. その他（ ）	0 人	0 人

項目6「暗記のみに頼らない化学の学習ができた」と回答する生徒は開発実習事後においては1人であったが、改善実習事後では3人に増加していた。MCの実験において1人1人が確実に手を動かして実験に取り組み、色の変化やICメロディーの音の有無等を実際に体感することが、やみくもに暗記する化学の学習方法から抜け出すきっかけになると考える。

6. まとめと今後の課題

6.1. 研究の成果

本研究の成果として、以下の4点が挙げられる

まず、1点目は、MCの実施が化学の学力向上に繋がった点である。開発実習時に実施した事前・事後の学力テスト、改善実習時に実施した小テストのいずれにおいても事前よりも事後の平均得点の方が高くなっていた。MCの実施により学習内容がより強く印象に残りやすくなったと考えられる。

2点目はMCが実験への心理的負担の軽減と集中力、意欲向上につながった点である。MCは個別実験のため自分のペースで実験ができる。また、実験器具がプラスチック製で割れる心配が少ない。このため、実験操作を失敗して他者に迷惑をかける心配やケガの心配が減り、生徒がのびのびと実験することができたと考える。また、仮に思うような実験結果がすぐに出なくても気軽に再実験を行うことができるため、実験結果の考察を進んで行うことができたと考えられる。

3点目はMC特有の問題の発見とその解決ができた点である。開発実習で実践においては「実験結果の観察方法」、「実験結果の共有」の2つの課題が明らかとなった。また改善実習においてはこまめに実験操作と観察を行う授業展開の設定と自分と他者の結果を両方記録する欄を設けたワークシートの作成を行った結果、これらの問題を改善することができた。

4点目はMCの準備時間のロスを減少させる小さな工夫を発見できた点である。MC実施の障害になる原因の1つに準備時間が足りないことが挙げられている。例えば12穴セルプレートに穴に点眼びんを立てかけて作業することにより点眼びんが倒れたり混ざったりするのを防止することができた。他の実験を行う際にもこのような小さな工夫を行っていくことで準備時の失敗や時間のロスを減少させることができ、結果的に準備時間の短縮につながると考える。

6.2. 今後の課題

今後の課題としては以下の5点である。

まず1点目はMCをさらなる学力の向上につなげていく点である。今回、平均得点の上昇は、開発実習時の事前・事後学力テスト（各40点満点）では3点、改善実習時の小テストでは、約1点であった。今後はより生徒に学習内容を強く印象づけ、化学の知識を確実に身に付けることができるMCの題材、授業展開、ワークシートを開発していく必要がある。

2点目は学校や生徒の実情にさらに合わせたMCの題材や授業展開を考えていく必要がある点である。普通科、理数科、工業科、商業科など各学校の学科や生徒の希望進路等を考慮し、どの学校、どの生徒においても学習効果の高いMCを実践していくことが重要であると考えられる。

3点目は、MCの特徴である個別性をより深い考察につなげていく点である。今回は授業展開やワークシートの工夫により、現れた実験結果の原因を考えたり理想の実験結果を出すための工夫を生徒が考える機会を作ることができた。しかし、実験結果から半反応式を書く等の考察についてはワークシートの欄を白紙で提出する、他者の解答を見ながら行う場合も見られた。今後は個々の実験結果と化学の知識を結び付けるようなMCの題材、ワークシートの工夫、生徒への働きかけ方法を考えていく必要がある。

4点目は多人数でのMC実施時の対応である。今回は9人の生徒に対して実践を行った。40人学級においてMCを実施する場合、実験器具や試薬の準備量が多くなり、準備時間が増えると予想される。また、教員の目が行き届きにくくなるため、安全管理や生徒への指示に影響が出ると考えられる。準備・後片付け時間の短縮方法や多人数の生徒への注意喚起の方法等を今後考えていく必要があると考えられる。

5点目は、MCと通常実験の適切な選択・使い分けを考えることである。今回はMCの良さを見つけ、短所を改善していく研究を行った。しかし、実験の内容や題材によっては通常実験の方が教育効果が高い場合もある。MCと通常実験双方の良い点を理解して適切にいずれかを選択したり、組み合わせて授業に実験を取り入れていくことが大切になると考える。

参考・引用文献

- ・ 平成 21 年度改訂版「高等学校学習指導要領 理科編 理数編」
- ・ 科学技術振興機構・国立教育政策研究所 (2009)「平成 20 年度高等学校理科教員実態調査」http://www.jst.go.jp/cpse/risushien/highschool/cpse_report_005_1.pdf
- ・ 芝原寛泰・佐藤美子 (2011)「マイクロスケール実験ー環境にやさしい理科実験ー」オーム社
- ・ 宇治宮隆文 (2012)「マイクロスケール化学実験 (MC) を組み込んだ授業開発ー高等学校における MC の教育的効果の検証を通して」
- ・ 川本公二 (2007)「マイクロスケール実験の高校化学への導入ー文系講座での実施状況から今後に向けてー」『日本理科教育学会全国大会要項』第 57 巻, 432
- ・ 芝原寛泰・坂東舞・川本公二 (2007)「授業実践等によるマイクロスケール実験の有用性の検討ー理科教育におけるマイクロスケール実験の普及をめざして」『京都教育大学教育実践研究紀要』第 7 号, 31-40
- ・ 荻野和子 (2006)「新しい教育法: マイクロスケール化学の現状と課題」『放送大学研究年報』第 23 号, 89-95
- ・ 川本公二・坂東舞・芝原寛泰 (2006)「高等学校化学における金属陽イオンの分析と未知資料分析のマイクロスケール実験教材」『化学と教育』第 54 巻, 第 10 号, 548-551
- ・ 川本公二・人見延代・芝原寛泰 (2010)「マイクロスケール実験の高校化学への導入ーマイクロスケール実験へのお手軽移行の実践ー」『日本理科教育学会全国大会要項』第 60 巻, 90
- ・ 荻野和子 (2007)「水の電気分解でできる気体の体積比を示すマイクロスケール実験」『化学と教育』第 55 巻, 第 2 号, 82-83
- ・ 中野源大・芝原寛泰 (2014)「高等学校化学における二酸化窒素を用いた化学平衡の移動実験ーマイクロスケール実験による教材開発及び授業実践」『理科教育学研究』第 54 巻, 第 3 号, 393-401
- ・ 内田修司・羽切正英・佐藤潤・林真・押手茂克 (2009)「授業などへのマイクロスケール実験の導入と有効性の検討」『福島工業高等専門学校研究紀要』第 50 号, 55-59
- ・ 荻野和子 (2007)「マイクロスケール実験の探究活動への応用」『化学と教育』第 55 巻, 第 7 号 336-339
- ・ 荻野和子 (2002)「国際マイクロスケールケミストリーシンポジウム参加報告」『化学と教育』第 55 巻, 第 3 号, 192-193
- ・ 井上正之・古賀信吉 (2005)「ベンゼンのマイクロスケールスルホン化」『化学と教育』第 54 巻, 第 9 号, 496-499
- ・ http://www.t.soka.ac.jp/chem/mce/kagaku_kiso.html (2017.2.26)
- ・ <http://www.t.soka.ac.jp/chem/mce/kagaku.html> (2017.2.26)

- ・ 東海林恵子・荻野和子「酸化還元に関するいくつかのモジュール実験」(2001) 化学と教育第 49 巻,第 12 号,794
- ・ 中川徹夫「2009 年度神戸女学院大学で高校生を対象に実施したマイクロスケール実験の授業実践」(2010) 神戸女学院大学論集第 57 巻,第 1 号,133-145
- ・ 東海林恵子・荻野和子「電池に関するいくつかのモジュール実験」(2001) 化学と教育第 49 巻,第 11 号,712-713
- ・ 奥野晃久・芝原寛泰「ヨウ化カリウム水溶液の電気分解一分光セルを用いたマイクロスケール実験」(2010) フォーラム理科,1-8
- ・ 肆矢浩一「簡易電解装置の作製と水素の燃焼実験の教材化」(2010) 平成 22 年度東レ理科教育賞受賞作品集,12-16
- ・ 荻野和子・東海林恵子「高校化学におけるモジュール生徒実験ー簡単にできる電気分解の実験ー」(1998) 化学と教育 第 46 巻,第 11 号, 742-743
- ・ 東海林恵子・荻野和子「酸化還元に関するいくつかのモジュール実験」(2001) 化学と教育 第 49 巻,第 12 号, 794
- ・ 村田一平「マイクロスケール実験による酸化剤・還元剤の反応」(2010) 北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要第 22 号,38-39
- ・ 臼井紀子・人見久城「高等学校理科における探究活動の実践に関する研究」 (2007) 宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要第 30 号,519-528
- ・ 芝原寛泰・奥野晃久他「高校化学実験集ー授業で役立つ基礎から応用までー」(2015) 電気書院
- ・ natsci.kyokyo-u.ac.jp/~shiba/html-KMSchem/index.html (2017.2.26)

謝辞

本研究を行い、報告書をまとめるにあたり、多くの方々にご指導、ご支援をいただきました。

指導教員の松本伸示先生には、大学院入学直後から研究や実習について基礎から暖かくご指導いただき、理科・化学教育に関する視野が大きく広がるきっかけとなりました。心より感謝申し上げます。

修学指導教員の伊藤博之先生と宮田佳緒里先生には、研究に関する助言を頂くとともに、教員採用試験対策等においても様々なご指導を頂き、大学院生活における大きな励みとなりました。ありがとうございました。

また、京都教育大学の芝原寛泰先生には、京都マイクロスケール実験研究会のメーリングリストに参加させていただき、マイクロスケール実験に関する情報を頂く等大変お世話になりました。この場を借りてお礼を申し上げます。

基礎実習、開発実習、改善実習におきまして、ご多忙の中授業見学、授業実施において多大なるご協力を頂きました、兵庫県立多可高等学校、武部治仁校長先生、尾松浩明教頭先生、奥野秀樹前教頭先生、メンターとして実習前より授業や実験等についてアドバイス、サポートを頂き、実習中も授業を含めた実習生活全般を支えてくださいました宇治宮隆文先生、備品購入等でお世話になりました事務室の皆様、実習に協力頂きました 3 年生総合カルチャー（理系）の生徒の皆さんに感謝の意を申し上げます。

この 2 年間では、大学院での授業や実習等での経験を通してマイクロスケール実験のみならず、授業全般において新しい視野を持つことができました。この成果を今後の教員生活において生かし、さらに学び続けていくきっかけとしていきたいと思います。

最後になりましたが、2 年間という短い間でしたが、研究のみならず大学院生活全体において、語り合い、励まし合い、多くの刺激を頂きました、松本ゼミの皆様、授業実践開発コースの皆様に深く感謝申し上げます。

平成 29 年 2 月 27 日

馬越 優

資料編

第8時 通常実験「酸化剤・還元剤」指導案

学習指導案⑧

- 対象クラス 総合カルチャー（理系）9名（男子6名、女子3名）
- 使用教科書 東京書籍 新編 化学基礎
- 学習単元 物質の変化（3章 酸化と還元）
- 本時の目標 酸化剤と還元剤の働きについて、実験を行うことによって生徒の理解を促進する。
- 配当時間

時	学習内容
1	酸化・還元と酸素・水素、電子の授受
2	酸化・還元と酸化数
3	酸化・還元と酸化数、酸化剤・還元剤
4	酸化剤・還元剤と半反応式の作り方①
5	酸化剤・還元剤と半反応式の作り方②
6	酸化剤・還元剤の化学反応式の作り方
7	金属イオン化傾向
8	[通常実験] 酸化剤・還元剤（本時）
9	事前調査・金属イオン化傾向演習
10	[マイクロスケール実験] 酸化剤・還元剤と硫酸酸性条件
11	酸化還元滴定
12	[マイクロスケール実験] 金属イオン化傾向
13	事後調査・演習
14	酸化還元滴定・酸化還元の量的関係

- 本時の評価規準

① 関心・意欲・態度	酸化剤・還元剤の反応に興味を持ち、意欲的に実験に参加する。
② 思考・判断・表現	実験結果を適切に表現することができる。また、実験結果に基づき適切に考察を記載することができる。
③ 観察・実験の技能	試験管・駒込ピペット等を正しく扱うことができる
④ 知識・理解	酸化剤・還元剤の反応に関する半反応式を正しく書くことができる。

- 本時案

	学習活動	指導上の留意点	評価
導入 (15分)	既習内容の復習 実験目的の共有	事前に実験器具は机に配置しておく。 実験目的を ICT に提示して確認する	
	酸化剤・還元剤の反応について確認する		

第 8 時 通常実験「酸化剤・還元剤」指導案

	<p>実験器具・実験操作の確認 安全面での注意</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ガラス器具が割れた場合、素手ではさわらない。 ・ 安全メガネは必ず装着すること ・ 薬品が手についたらすぐに洗い流すこと ・ 髪が長い人は必ずくくること ・ 机の上は配布したプリント・筆記用具以外は置かない。 		
展開 (25 分)	<p>【実験】 酸化剤・還元剤（通常実験） 各種試験管に希 H_2SO_4 水溶液を加える。その後酸化剤（①KMnO_4 水溶液、②H_2O_2 水溶液、③KMnO_4 水溶液）を加え、さらに還元剤（①H_2O_2 水溶液、②KI 水溶液、③KI 水溶液）を加え、変化の様子を観察する。</p> <p>操作が終わり次第、考察を行う。</p> <p>班ごとに割り当てられた考察の設問を板書する。</p> <p>後片付けをする。</p>	<p>机間巡視を行い、危険な操作がないか監督する。</p> <p>最初に試薬の色を記録するのを忘れないように指示する。</p> <p>操作が終わった班からワークシートに基づいて考察を行うように指示する。</p> <p>考察が難しい場合、教科書等を見たり、話し合ったりしながら考察を行うよう指示する。</p> <p>考察の設問ごとに班を指定し、板書させる。</p> <p>様子を見ながら実験の後片付けの指示を出す。</p> <p>廃液は教卓のビーカーに入れるよう指示する。</p>	① ③
まとめ (10 分)	<p>残り 10 分となったところで、実験のまとめ、解説を行う。</p> <p>アンケートの記入を行う。</p> <p>残りの後片付けを行う。</p> <p>次時の連絡</p>	<p>生徒の板書に基づいて考察のまとめを行う。</p>	② ④

第10時 マイクロスケール実験「酸化剤・還元剤と硫酸酸性条件」指導案

開発実習学習指導案⑩

- 対象クラス 総合カルチャー（理系）9名（男子6名、女子3名）
- 使用教科書 東京書籍 新編 化学基礎
- 学習単元 物質の変化（3章 酸化と還元）
- 本時の目標 酸化剤・還元剤の反応について元の物質やイオンがどのような物質・イオンに変化するかを理解する。また酸化剤・還元剤の反応における硫酸の役割を理解する。

時	学習内容
1	酸化・還元と酸素・水素、電子の授受
2	酸化・還元と酸化数
3	酸化・還元と酸化数、酸化剤・還元剤
4	酸化剤・還元剤と半反応式の作り方①
5	酸化剤・還元剤と半反応式の作り方②
6	酸化剤・還元剤の化学反応式の作り方
7	金属イオン化傾向
8	【通常実験】 酸化剤・還元剤
9	事前調査・金属イオン化傾向演習
10	【マイクロスケール実験】 酸化剤・還元剤と硫酸酸性条件（本時）
11	酸化還元滴定
12	【マイクロスケール実験】 金属イオン化傾向
13	事後調査・演習
14	酸化還元滴定・酸化還元の量的関係

○ 本時の評価規準

① 関心・意欲・態度	酸化剤・還元剤の実際の反応や硫酸の有無による反応の違いに興味を持ち、意欲的に授業に参加することができる。
② 思考・判断・表現	実験結果より、用いた酸化剤・還元剤の変化を半反応式を用いて表すことができる。
③ 観察・実験の技能	安全に気をつけながら点眼びんやセルプレート等のマイクロスケール実験の器具を適切に使用することができる。
④ 知識・理解	酸化剤・還元剤の反応について、元の物質・イオンがどのように変化するかを理解している。また、酸化剤・還元剤の反応における硫酸の役割を理解している。

○ 本時案

	学習活動	指導上の留意点	評価
導入 (20分)	実験の目的の共有 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> 1. 酸化剤・還元剤の反応を再確認する 2. 酸化剤・還元剤における硫酸の役割を確認しよう </div>	事前に机に実験器具を用意しておく。 実験の目的を ICT で提示	①

第10時 マイクロスケール実験「酸化剤・還元剤と硫酸酸性条件」指導案

	<p>マイクロスケール実験についての説明</p> <p>試薬・実験操作の確認、安全面での注意</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ラミネート加工したワークシート上にセルプレートを置いて実験を行う。 ・ 安全メガネを必ず装着すること。 ・ 薬品が手についたらすぐに洗い流すこと。 ・ 机の上は配布したプリント、筆記用具、実験器具以外は置かない。 ・ 試薬を入れる穴を間違える等のミスがあれば、先生に言ってセルプレートを交換する。 ・ 顔を近づけすぎない。 	<p>実際にガラス器具とマイクロスケール実験用の器具(セルプレート等)を並べて提示しながら説明する。</p> <p>実験器具の配置・実験実施上の注意点を教室前方のモニターで常に提示しておく。</p> <p>実験操作の説明は教壇の周囲に生徒を集め、実際に実演しながら説明する。</p>	
展開 (20分)	<p>【実験】 酸化剤・還元剤（マイクロスケール実験）</p> <p>セルプレートの各行に酸化剤（KMnO_4 水溶液、$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 水溶液、H_2O_2 水溶液）、列に還元剤（FeSO_4 水溶液、H_2O_2 水溶液）を加える。 また、列③④には希 H_2O_2 水溶液を加え、硫酸酸性条件の有無による酸化剤・還元剤の変化の様子の違いを観察する。</p> <p>実験器具の片付け</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 廃液は前のビーカーで回収 ・ セルプレートを水で洗う ・ 実験器具類は机中央のトレイに入れる。→後ほど回収 <p>ワークシートに基づいて考察を行う。</p> <p>考察内容を黒板に記述する。</p>	<p>机間巡視を行い、危険な操作がないか監督する。</p> <p>実験操作による変化をワークシートに記述するよう指示する。</p> <p>実験操作と記録が終わった人から片付けを行うように指示する。</p> <p>考察が難しい場合、教科書等を見ながら行っても良いと伝える。</p> <p>設問ごとに生徒を指名</p>	① ③ ④
まとめ (10分)	<p>実験・考察のまとめを行う。</p> <p>次時の連絡</p>	<p>生徒の板書に基づいて考察のまとめを行う。</p> <p>硫酸の役割については調べられた生徒に挙手させ、発表させる。</p>	② ④

第12時 マイクロスケール実験「金属のイオン化傾向」指導案

開発実習学習指導案⑫

- 対象クラス 総合カルチャー（理系）9名（男子6名、女子3名）
- 使用教科書 東京書籍 新編 化学基礎
- 学習単元 物質の変化（3章 酸化と還元）
- 本時の目標 金属の種類により陽イオンへのなりやすさが異なることを理解する。また、実験結果から金属のイオン化傾向の大小を推定できることを目標とする。

○ 配当時間

時	学習内容
1	酸化・還元と酸素・水素、電子の授受
2	酸化・還元と酸化数
3	酸化・還元と酸化数、酸化剤・還元剤
4	酸化剤・還元剤と半反応式の作り方①
5	酸化剤・還元剤と半反応式の作り方②
6	酸化剤・還元剤の化学反応式の作り方
7	金属イオン化傾向
8	[通常実験] 酸化剤・還元剤
9	事前調査・金属イオン化傾向演習
10	[マイクロスケール実験] 酸化剤・還元剤と硫酸酸性条件
11	酸化還元滴定
12	[マイクロスケール実験] 金属イオン化傾向
13	事後調査・演習
14	酸化還元滴定・酸化還元の量的関係

○ 本時の評価規準

① 関心・意欲・態度	金属イオン化傾向に関心を持ち、意欲的に実験に参加することができる。
② 思考・判断・表現	実験結果に基づき本実験で取り扱った試薬の金属のイオン化傾向を正しく推測することができる。また、これを金属イオン化傾向の大きい順に並べ替えることができる。
③ 観察・実験の技能	セルプレートや点眼びん等の実験器具を安全に配慮し正しく使用することができる。
④ 知識・理解	金属イオン化傾向について正しく理解している。

○ 本時案

	学習活動	指導上の留意点	評価
導入 (15分)	実験概要の説明 実験目的の確認 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;">実験結果からイオン化傾向を推定する</div> 試薬・実験操作の確認 安全上の注意 試薬・実験操作の確認、安全面での注意 <ul style="list-style-type: none"> ・ ラミネート加工したワークシート上にセルプレートを置いて実験を行う。 ・ 安全メガネを必ず装着すること。 	実験器具は事前に配布する 事故防止のため注意事項を徹底する。 実験器具の配置や実験操作を教室前方に常に提示して	①

第 12 時 マイクロスケール実験「金属のイオン化傾向」指導案

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 薬品が手についたらすぐに洗い流すこと。 ・ 机の上は配布したプリント、筆記用具、実験器具以外は置かない。 ・ 試薬を入れる穴を間違える等のミスがあれば、先生に言ってセルプレートを交換する。 ・ スチールウール、マグネシウムリボン、亜鉛粒はサンドペーパーでしっかりと磨く。 ・ スチールウール、マグネシウムリボン、亜鉛粒は必ずピンセットでセルプレートの各穴に入れる。 	<p>おく。</p> <p>実演しながら実験操作の説明をする。</p>	
展開 (25 分)	<p>【実験】 金属イオン化傾向</p> <p>セルプレートの各行にマグネシウムリボン、亜鉛（粒）、鉄（スチールウール）を加え、各列には CuSO_4 水溶液、MgSO_4 水溶液、ZnSO_4 水溶液、$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 水溶液を加える。</p> <p>各セルにおける反応の様子を観察し記録する。</p> <p>実験操作・記録が終わり次第片付けをする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 廃液・金属は教卓のビーカーに入れる。 ・ セルプレート、ピンセットは水で洗い流す ・ 点眼びんや洗い終わった実験器具は机中央のトレイに入れる。（後ほど回収） <p>イオン化傾向の順序を推定する。</p> <p>変化の様子を前の黒板に書く。（3 人程度）</p> <p>考察を前の黒板に書く。</p>	<p>机間巡視を行い、危険な操作がないか監督する。</p> <p>1 つ溶液を加えるごとに変化を記録させる。</p> <p>実験操作が終わってから、再度変化の記録を確認し、必要な部分は書き加える。</p> <p>ワークシートに基づき、考察を行うよう指示する。</p> <p>様子を見ながら実験の後片付けの指示を出す。</p> <p>ワークシートに基づいて考察を行うよう指示する。</p>	① ② ③
まとめ (10 分)	<p>残り 10 分となったところで、実験のまとめ、解説を行う。</p> <p>アンケートの記入を行う。</p> <p>残りの後片付けを行う。</p> <p>次時の連絡</p>	<p>実験結果を振り返りながら解説を行う。</p>	② ④

3 年 () 組 () 番 氏名 () 共同実験者 ()

化学実験プリント

～酸化剤・還元剤(通常実験)～

実験器具

試験管、試薬びん、駒込ビベット、試験管立て

試薬

0.1 mol / L KMnO_4 水溶液、10 % H_2O_2 水溶液、0.1 mol / L KI 水溶液、2.0 mol / L H_2SO_4 水溶液、
デンプン液

実験手順

1) 元の酸化剤・還元剤の色を観察・記録する。

各酸化剤・還元剤の色を記録しなさい。

酸化剤

過マンガン酸カリウム水溶液 (KMnO_4) : _____

過酸化水素水 (H_2O_2) : _____

還元剤

過酸化水素水 (H_2O_2) : _____

ヨウ化カリウム水溶液 (KI) : _____

2) 試験管に油性マジックで番号を書く。(試験管①、試験管②、試験管③)

3) 試験管①②③にそれぞれ希 H_2SO_4 水溶液を加える。

4) 試験管①②③にそれぞれ① KMnO_4 水溶液、② H_2O_2 水溶液、③ KMnO_4 水溶液を加える。(酸化剤)

5) 試験管①に H_2O_2 水溶液、試験管②に KI 水溶液、試験管③に KI 水溶液を加える。(還元剤)

6) 試験管内の変化を観察する。→結果 (2) に記録する。

7) 試験管②、③にデンプン液を加え、変化を観察する。→結果 (3) に記録する。

試験管①

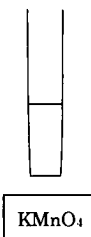
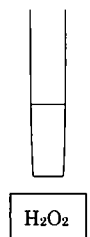
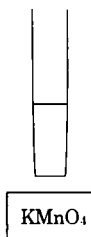
試験管②

試験管③

H_2O_2

KI

KI



硫酸酸性条件

結果

1. 各試験管内の溶液の色の変化を記録しなさい。

試験管① : _____

試験管② : _____

試験管③ : _____

2. 各試験管内の溶液の泡の発生など、色以外の変化を記録しなさい。

試験管① : _____

試験管② : _____

試験管③ : _____

3. 試験管②と試験管③にデンプン液を加えた際の変化を記録しなさい。

試験管② : _____

試験管③ : _____

4. 3.の変化より、何が生成していることが分かるか。

()

考察

1. 各試験管の反応から、起こっていると考えられる酸化・還元反応の式を書け。

試験管①

酸化剤 : _____

還元剤 : _____

試験管②

酸化剤 : _____

還元剤 : _____

試験管③

酸化剤 : _____

還元剤 : _____

化学実験プリント

～酸化剤・還元剤(マイクロスケール実験)～

実験目的

1. 酸化剤・還元剤の反応を再確認する 2. 酸化剤・還元剤における硫酸の役割を確認しよう

実験器具

セルプレート (12 穴)、点眼びん、安全メガネ

試薬

酸化剤：0.2 mol / L KMnO_4 水溶液、0.2 mol / L $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 水溶液、10 % H_2O_2 水溶液

還元剤：10 % H_2O_2 水溶液、0.2 mol / L FeSO_4 水溶液

その他：2.0 mol / L H_2SO_4 水溶液

実験手順

- 1) ラミネート加工したワークシート上にセルプレートと点眼びんを置く。
- 2) 元の酸化剤・還元剤の色を観察・記録する。

各酸化剤・還元剤の色 (実験前に記入)

酸化剤

- ・ 過マンガン酸カリウム水溶液 (KMnO_4) : _____
- ・ ニクロム酸カリウム水溶液 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) : _____
- ・ 過酸化水素水 (H_2O_2) : _____

還元剤

- ・ 過酸化水素水 (H_2O_2) : _____
- ・ 硫酸鉄 (II) 水溶液 (FeSO_4) : _____

- 3) 3 列・4 列に硫酸 H_2SO_4 を 4 滴入れる。続いて、A 行・B 行・C 行に酸化剤を 4 滴ずつ、1～4 列に還元剤を 10 滴ずつ加える。(注意：顔を近づけすぎない)
- 4) セルプレートの各穴の試薬の色の变化や気体の発生を観察する。→結果の (2) に記録する。
- 5) 考察を行う。

3. 還元剤 (後に加える)

硫酸鉄 (II) FeSO_4 水溶液 10 滴 1
硫酸鉄 (II) FeSO_4 水溶液 10 滴 2
硫酸鉄 (II) FeSO_4 水溶液 10 滴 3
硫酸鉄 (II) FeSO_4 水溶液 10 滴 4

2. 酸化剤 (先に加える)

過マンガン酸カリウム水溶液 KMnO_4 4 滴 A

ニクロム酸カリウム水溶液 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 4 滴 B

過酸化水素水 H_2O_2 4 滴 C

	1	2	3	4
A	① KMnO_4 ② FeSO_4	① KMnO_4 ② H_2O_2	① H_2SO_4 ② KMnO_4 ③ FeSO_4	① H_2SO_4 ② KMnO_4 ③ H_2O_2
B	① $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ② FeSO_4	① $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ② H_2O_2	① H_2SO_4 ② $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ③ FeSO_4	① H_2SO_4 ② $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ③ H_2O_2
C	① H_2O_2 ② FeSO_4		① H_2SO_4 ② H_2O_2 ③ FeSO_4	

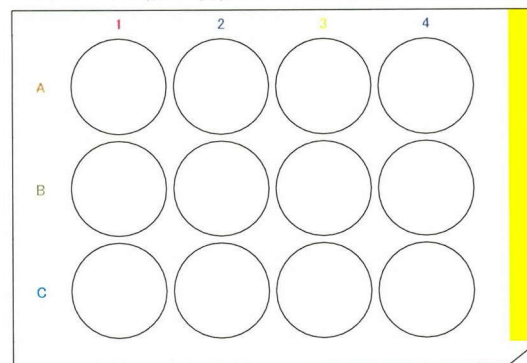
1 硫酸酸性

硫酸 H_2SO_4 4 滴

硫酸 H_2SO_4 4 滴

結果

1. セルプレートの各穴の変化の様子 (色の变化、気体の発生等を○の中に書き込もう)



考察

1. セルプレートの 3 列と 4 列において、各酸化剤、還元剤がどのように変化したと考えられるか。(半反応式で表せ)

1. 過マンガン酸カリウム水溶液 (KMnO_4) と過酸化水素水 (H_2O_2)

酸化剤 : _____

還元剤 : _____

2. ニクロム酸カリウム水溶液 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) と過酸化水素水 (H_2O_2)

酸化剤 : _____

還元剤 : _____

3. 過酸化水素水 (H_2O_2) と硫酸鉄 (II) 水溶液 (FeSO_4)

酸化剤 : _____

還元剤 : _____

4. 過マンガン酸カリウム水溶液 (KMnO_4) と硫酸鉄 (II) 水溶液 (FeSO_4)

酸化剤 : _____

還元剤 : _____

5. ニクロム酸カリウム水溶液 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) と硫酸鉄 (II) 水溶液 (FeSO_4)

酸化剤 : _____

還元剤 : _____

2. 硫酸 (H_2SO_4) にはどのような役割があるか。また、なぜ塩酸 (HCl) や硝酸 (HNO_3) ではないのか。

H_2SO_4 の役割

塩酸や硝酸ではない理由

化学実験プリント

～金属イオン化傾向(マイクロスケール実験)～

実験目的

実験結果をもとに金属イオン化傾向を求める

実験器具

セルプレート (12 穴)、ワークシート (ラミネート加工)、点眼びん、サンドペーパー、安全メガネ

試薬

0.2 mol / L CuSO₄ 水溶液、0.2 mol / L MgSO₄ 水溶液、0.2 mol / L ZnSO₄ 水溶液、
0.2 mol / L Fe(NO₃)₃ 水溶液、マグネシウムリボン、亜鉛 (粒)、鉄 (スチールウール)

方法

- 1) サンドペーパーで亜鉛粒とマグネシウムリボンをしっかりと磨く。
- 2) ラミネート加工したワークシート上にセルプレートを置く
- 3) 下の表に従ってマグネシウムリボン (Mg)、亜鉛粒 (Zn)、スチールウール (Fe) を各穴に入れる。その後、CuSO₄ 水溶液 (Cu²⁺)、MgSO₄ 水溶液 (Mg²⁺)、ZnSO₄ 水溶液 (Zn²⁺)、Fe(NO₃)₃ 水溶液 (Fe³⁺) を各数滴ずつ加える。
- 4) 変化の様子を観察し、記録する。→結果 (1)

先に入れた金属が浸る程度に加えるー 硫酸銅水溶液 硫酸マグネシウム水溶液 硫酸亜鉛水溶液 硝酸鉄 (Ⅲ) 水溶液

先に入れる↓

マグネシウムリボン Mg

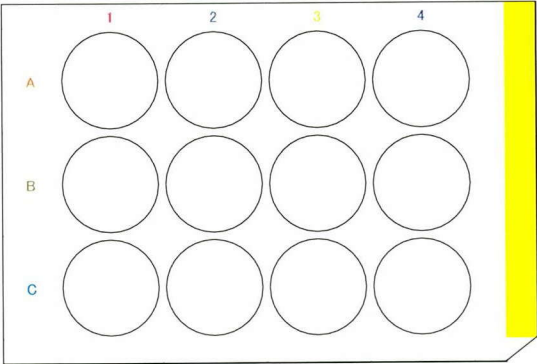
亜鉛粒 Zn

スチールウール Fe

	1	2	3	4
A	(先) Mg (後) CuSO ₄	(先) Mg (後) MgSO ₄	(先) Mg (後) ZnSO ₄	(先) Mg (後) Fe(NO ₃) ₃
B	(先) Zn (後) CuSO ₄	(先) Zn (後) MgSO ₄	(先) Zn (後) ZnSO ₄	(先) Zn (後) Fe(NO ₃) ₃
C	(先) Fe (後) CuSO ₄	(先) Fe (後) MgSO ₄	(先) Fe (後) ZnSO ₄	(先) Fe (後) Fe(NO ₃) ₃

結果

- 1. セルプレートの各穴の変化を下の図の○の中に書きなさい。



考察

- 1. 各穴において起こっていると考えられる反応を下の図の○の中にイオン式で書け。また、特に反応が起っていないものには×をつけよ。(注意：A・1 はセルプレートの A 行 1 列の穴を示します。)

- A・1
- A・2
- A・3
- A・4
- B・1
- B・2
- B・3
- B・4
- C・1
- C・2
- C・3
- C・4

- 2. 実験結果より、この実験で用いた試薬の金属イオン Mg, Zn, Fe, Cu をイオン化傾向の大きい順に並べ替えなさい。

実験 「酸化剤・還元剤」

•実験目的

「酸化剤・還元剤の反応を確認する」

実験器具

- 試験管
- 試験管立て
- 試薬びん
- 駒込ピペット

試験管
試験管立て



駒込ピペット



試薬びん



実験試薬

- 過マンガン酸カリウム水溶液 (KMnO_4)
- 過酸化水素水 (H_2O_2)
- ヨウ化カリウム水溶液 (KI)
- 希硫酸 (H_2SO_4)
- デンプン液



ラベルをよく見よう!

注意点

- ガラス器具が割れた場合、素手で触らない
- 髪が長い人は必ずくくる。
- 薬品が手についたらすぐに水で洗い流す
- 机の上は配布したプリントと筆記用具以外は置かない
- 原則立って実験を行う
- 安全メガネを必ず掛ける

酸化剤・還元剤と
硫酸酸性条件
マイクロスケール実験

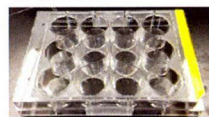
マイクロスケール実験
「酸化剤・還元剤と硫酸酸性条件」

- 実験目的
「酸化剤・還元剤の反応を再確認する」
「酸化剤・還元剤における硫酸の役割を
確認しよう」

マイクロスケール実験とは…

- 通常よりも小さい実験器具を使う
- プラスチック製の実験器具
- 1人1つ実験器具が当たる

実験器具



→セルプレート

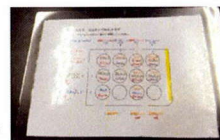
安全メガネ→



点眼びん→



ラミネート加工ワークシート→



試薬

- 酸化剤 (赤色キャップ)

過マンガン酸カリウム水溶液 (KMnO_4)

ニクロム酸カリウム水溶液 ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)

過酸化水素水 (H_2O_2)

試薬

- 還元剤 (青色キャップ)

硫酸鉄 (Ⅱ) 水溶液 (FeSO_4)

過酸化水素水 (H_2O_2)

- その他 (白色キャップ)

希硫酸 (H_2SO_4)

第10時 マイクロスケール実験「酸化剤・還元剤」と硫酸酸性条件パワーポイント資料

注意点

- 必ず**安全メガネ**をつける。
- ラミネート加工のワークシートの上にセルプレートをおいて実験を行う。
- 顔を**近づけすぎない**。
- 薬品が手についたら**すぐに洗い流す**。
- 髪が長い人は必ずくくる。
- 点眼びんは**上のキャップ**のみを開ける。

実験器具の配置



溶液の種類を
間違えないように

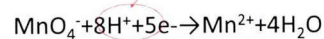
ラベルをよく
見て置こう！

注意点



- 必ず**安全メガネ**をつける。
- ラミネート加工のワークシートの上にセルプレートをおいて実験を行う。
- 顔を**近づけすぎない**。
- 薬品が手についたら**すぐに洗い流す**。
- 点眼びんは**上のキャップ**のみ開ける。
- 髪が長い人は必ずくくる。

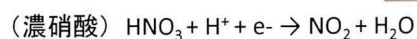
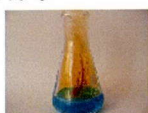
硫酸 H_2SO_4 の役割



H^+ （水素イオン）の量を増やし、酸化剤の反応を進めるため

なぜ硝酸や塩酸ではいけないのか。

- 硝酸（ HNO_3 ）
→強力な酸化作用（強い酸化剤）



硝酸自身が酸化剤として反応してしまう。
本来の酸化剤が反応しなくなるため。

なぜ、塩酸（ HCl ）ではいけないのか

- HCl が還元剤として働いてしまうため。本来の還元剤が働かなくなるため。



金属のイオン化傾向 マイクロスケール実験

マイクロスケール実験 「金属のイオン化傾向」

- 実験目的
「実験結果もとに金属のイオン化傾向を
求める」

マイクロスケール実験とは

- 通常よりも小さい実験器具を使う
- プラスチック製の実験器具
- 1人1つ実験器具が当たる

実験器具



→セルプレート

安全メガネ→

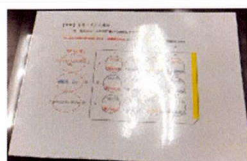


点眼びん→



実験器具

ラミネート加工
ワークシート→



←サンドペーパー



ピンセット→



試薬

硫酸銅（Ⅱ）水溶液（ CuSO_4 ）...青キャップ
硫酸マグネシウム水溶液（ MgSO_4 ）...赤キャップ
硫酸亜鉛水溶液（ ZnSO_4 ）...ピンクキャップ
硝酸鉄（Ⅲ）水溶液（ $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ）...白キャップ



第12時 マイクロスケール実験「金属のイオン化傾向」パワーポイント資料

金属

• マグネシウムリボン



• 亜鉛（粒）



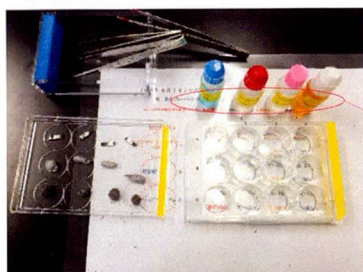
• スチールウール



注意点

- 必ず**安全メガネ**をつける。
- ラミネート加工のワークシートの上にセルプレートをおいて実験を行う。
- 薬品が手についたら**すぐに洗い流す**。
- 髪が長い人は必ずくくる。
- 点眼びんは**上のキャップ**のみを開ける。
- 金属は**金属光沢**が出るまでよく磨く。

実験器具の配置



溶液の種類を
間違えないように

↓
ラベルをよく
見て置こう！

実験のポイント

• 金属

→金属光沢がよく見える方を上にしてセルプレートの穴に入れる



観察のポイント

- 金属光沢が消えたかどうか
- 金属表面の色の変化の有無
- 金属表面に何か析出したかどうか



考察

- イオン化傾向の小さい方
→析出する

イオン化列

リッチだよ貸そうかなまあてにすんなひどすぎる借金
Li K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb (H) Cu Hg Ag Pt Au

考察

イオン化列

リッチだよ貸そうかなまあてにすんなひどすぎる借金

Li K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb (H) Cu Hg Ag Pt Au

Mg > Zn > Fe > Cu

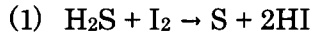
マイクロスケール実験事前学力調査

このテストは、成績や進級・卒業には関係ありません。また、結果を研究目的以外に使用することはありません。

制限時間は 25 分です。問題は全部で第 4 問まであります。

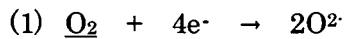
第 1 問 (酸化された・還元された)

1. 次の化学反応式において酸化された物質と還元された物質を答えなさい。



酸化された物質 _____ 還元された物質 _____

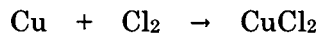
2. 下線部の原子は酸化されたか、還元されたか。適切な方に○をつけなさい。



(酸化された ・ 還元された)

第 2 問 (酸化数の変化と酸化・還元)

1. 次の化学式中で各原子の酸化数の変化と酸化された原子、還元された原子を答えなさい。

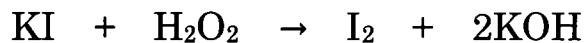


酸化数 : Cu : _____ \rightarrow _____ Cl : _____ \rightarrow _____

酸化された _____ 還元された _____

第 3 問 (酸化剤・還元剤)

1. 下の化学反応式において酸化剤として働くものと還元剤として働くものをそれぞれ答えよ。

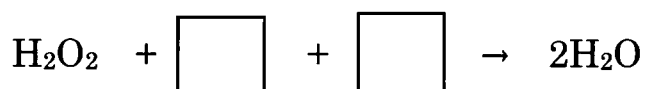
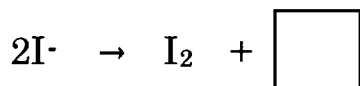


(1) 酸化剤として働く物質 : _____ 還元剤として働く物質 : _____

(2) ヨウ化カリウムの色は何色から何色に変化したかを答えよ

_____ 色 \rightarrow _____ 色に変化した

(3) ヨウ化物イオン、過酸化水素の半反応式の□に適切な元素・イオン・電子 e^- ・係数を書き込みなさい。



2. 硫酸酸性の過マンガン酸カリウム ($\text{KMnO}_4, \text{MnO}_4^-$) 水溶液に硫酸鉄 ($\text{FeSO}_4, \text{Fe}^{2+}$) (Ⅱ) 水溶液を加えた。この反応について次の各問いに答えよ。

(1) 過マンガン酸イオン (MnO_4^-) の働きを電子 e^- を用いた半反応式で表せ。

(2) 鉄 (Ⅱ) イオン (Fe^{2+}) の働きを電子 e^- を用いた半反応式で表せ。

(3) 過マンガン酸イオンと鉄 (Ⅱ) イオンの反応をイオン反応式で表せ。

(4) 過マンガン酸カリウムと硫酸鉄 (Ⅱ) の反応を (3) の式に省略されているイオンを補い、化学反応式で表せ。

(5) 過マンガン酸カリウム水溶液を硫酸で酸性にする理由を答えよ。また、硫酸ではなく塩酸を用いることができない理由も述べよ。

硫酸で酸性にする理由： _____

塩酸を用いることができない理由： _____

第4問 (イオン化傾向)

1. 次の各金属を各イオンの水溶液に入れたとき、反応が起こるものに○を、起こらないものに×をつけよ。また反応が起こるものにはそのイオン式を書き、起こらないものには×をつけよ。

	Cu と Ag^+	Cu と Mg^{2+}	例) A と B^{2+} (反応起こる)	例) C と D^{2+} (反応起こらない)
反応が起こるか起こらないか (○もしくは×)			○	×
イオン反応式 (反応が起こらないものには×をつける)			$\text{A} + \text{B}^{2+} \rightarrow \text{A}^{2+} + \text{B}$	×

2. 金属 A～D は、金 (Au)、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn)、鉄 (Fe) のうちどれかである。次の (1) ～ (3) の記述から、それぞれの金属であるかを推定し、元素記号で示せ。

(1) A、B は希硫酸に溶けて水素を発生するが、C、D は溶けない。

(2) A の塩の水溶液に B を浸すと、B の表面に A が析出する。

(3) C は濃硝酸に溶けて二酸化炭素を発生するが、D は溶けない。

A B C D

テスト問題は以上です。ご協力ありがとうございました。

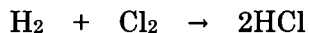
マイクロスケール実験事後学力調査

このテストは、成績や進級・卒業には関係ありません。また、結果を研究目的以外に使用することはありません。

制限時間は 25 分です。問題は全部で第 4 問まであります。

第 1 問 (酸化された・還元された)

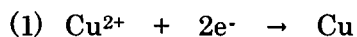
1. 次の化学反応式において酸化された物質と還元された物質を答えなさい。



酸化された物質

還元された物質

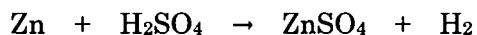
2. 下線部の原子は酸化されたか、還元されたか。適切な方に○をつけなさい。



(酸化された ・ 還元された)

第 2 問 (酸化数の変化と酸化・還元)

1. 次の化学式中で各原子の酸化数の変化と酸化された原子、還元された原子を答えなさい。

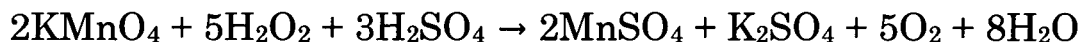


酸化数 : Zn : _____ → _____ H : _____ → _____

酸化された _____ 還元された _____

第 3 問 (酸化剤・還元剤)

1. 下の化学反応式において酸化剤として働くものと還元剤として働くものをそれぞれ答えよ。

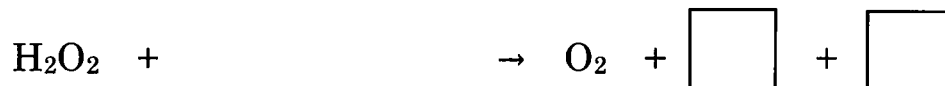


- (1) 酸化剤として働く物質 : _____ 還元剤として働く物質 : _____

- (2) 過マンガン酸カリウム水溶液の色は何色から何色に変化したか答えよ。

_____ 色 → _____ 色に変化した

- (3) 過マンガン酸イオン、過酸化水素の半反応式の□に適切な元素・イオン・電子 e⁻・係数を書き込みなさい。



2. 硫酸酸性のニクロム酸カリウム ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7, \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) 水溶液に硫酸鉄 (Ⅱ) 水溶液 ($\text{FeSO}_4, \text{Fe}^{2+}$) を加えた。この反応について次の各問いに答えよ。

(1) ニクロム酸イオン ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) の働きを電子 e^- を用いた半反応式で表せ。

(2) 鉄 (Ⅱ) イオン (Fe^{2+}) の働きを電子 e^- を用いた半反応式で表せ。

(3) ニクロム酸イオンと鉄 (Ⅱ) イオンの半反応式を組み合わせてイオン反応式で表せ。

(4) ニクロム酸カリウムと硫酸鉄 (Ⅱ) の反応を (3) の式に省略されているイオンを補い、化学反応式で表せ。

(5) ニクロム酸カリウム水溶液を硫酸で酸性にする理由を答えよ。また、硫酸ではなく塩酸を用いることができない理由も述べよ。

硫酸で酸性にする理由： _____

塩酸を用いることができない理由： _____

第4問 (イオン化傾向)

1. 次の各金属を各イオンの水溶液に入れたとき、(1) ~ (3) の中から反応が起こるものに○を、起こらないものに×をつけよ。また反応が起こるものにはそのイオン式を書き、起こらないものには×をつけよ。

	Fe と Zn^{2+}	Fe と Cu^{2+}	例) A と B^{2+} (反応起こる)	例) C と D^{2+} (反応起こらない)
反応が起こるか起こらないか (○もしくは×)			○	×
イオン反応式 (反応が起こらないものには×をつける)			$\text{A} + \text{B}^{2+} \rightarrow \text{A}^{2+} + \text{B}$	×

2. 金属 A~D は、鉄 (Fe)、ナトリウム (Na)、銅 (Cu)、金 (Au) のうちどれかである。次の (1) ~ (3) の記述から、それぞれの金属であるかを推定し、元素記号で示せ。

(1) 金属 A、B、C、D を水へ入れると、A だけが激しく反応した。

(2) 金属 A、B、C、D を希硝酸 (HNO_3) に入れると、C だけが反応しなかった。

(3) B のイオンを含む水溶液に D を入れると、D の表面に B が付着した。

A B C D

テスト問題は以上です。ご協力ありがとうございました。

マイクロスケール実験事前調査アンケート

高等学校「化学」における実験について研究を進めています。今回、実験を取り入れた授業を行うに際して、皆さんが実験についてどのような考えを持っているか、や化学をどのように学習しているかをお聞きしたいと思います。回答の内容は研究以外の目的に使用することはありません。内容が外部に漏れることもありません。ありのままを率直に答えていただければ幸いです。

1. 化学の自主学習をするとき、次の化学の勉強の方法をどの程度行っていますか。頻度の高いものから番号を1、2、3、4、5、と番号を振り、理由も答えてください。

	順番	理由
①とにかく基本用語や公式を暗記する。		
②計算練習をする。		
③図を書いてノートにまとめる。		
④理由や背景を考える。		
⑤公式が成り立つ過程を考える。		

質問は裏に続きます。

開発事前アンケート

次の質問からは、小学校、中学校、高校1年生、2年生の時の思い出しながら答えてください。特に指示があるものを除き、(4.大変あてはまる、3.あてはまる、2.あまりあてはまらない、1.あてはまらない)で回答してください。また、[] があるものについては具体的に答えてください。

2. 実験を取り入れた授業は好きだった。(4、3、2、1)

3. 実験を取り入れた授業では、実験の操作を進んで行う方でしたか、それとも他の人が実験操作をするのを見ている方が多かったですか。理由も含めて教えてください。

(1.自分から進んで操作を行う方だった 2.他の人が操作するのを見ている方だった)

理由

4. 実験では、何を観察・測定しているかが分からなくなることがあった。

(4、3、2、1)

5. 実験操作がめんどくさいと感じることがあった。(4、3、2、1)

6. 実験を行う際、危険だな、と感じたことがあった。(4、3、2、1)

具体的に

7. 実験の目的を意識しながら実験を行っていた。(4、3、2、1)

8. 実験結果から何が分かるかを考えながら実験操作を行っていた。(4、3、2、1)

9. 安全面に気をつけながら実験を行っていた。(4、3、2、1)

10. 自分の手で実験することは大切だと思う。(4、3、2、1)

11. 最後に、あなたの学年、性別、類型を教えてください。

学年 () 組 () 性別 ()

ご協力ありがとうございました。

マイクロスケール実験事後調査アンケート

今回、通常実験（1回目）、マイクロスケール実験（2回目、3回目）と実験を取り入れた授業を行いました。これらの実験についての感想等をお聞きしたいと思います。回答の内容は研究以外の目的に使用することはありません。内容が外部に漏れることもありません。ありのままを率直に答えていただければ幸いです。（特に指示がある場合を除き、4.とてもあてはまる、3.あてはまる、2.あまりあてはまらない、1.あてはまらない、で解答してください。）

1回目の実験（通常実験、数人で1つの実験器具、ガラス器具を用いた実験）と2回目3回目の実験（マイクロスケール実験、1人1つの実験器具、小さな実験器具を用いた実験）を思い出しながら答えてください。

1. マイクロスケール実験と通常実験はどちらが楽しかったか。

（1. マイクロスケール実験、 2.通常実験）

（理由）

2. マイクロスケール実験の器具（セルプレート、点眼びん等）は使いやすかったか。

（ 4、3、2、1 ）

どのような点が使いやすかった / 使いにくかったか。

3. 今回の実験全体を通して何かトラブルや困ったことはあったか。

具体的に

4. マイクロスケール実験(2回目、3回目の実験)では実験器具を1人1個用いて実験を行いました、このことにより化学に関して何か成果はあったか。

（1. 成果があった、 2.成果がなかった）

また、4.で1.成果があった、と回答した場合、どのような成果があったか。（複数可）

1.実験の原理が分かった、2. 何を観察しているか分かった、3. 実験結果の理由が分かった、
4. 内容の理解がしやすかった、 5. 進んで考察ができた、 6.暗記のみに頼らない化学の学習ができた、
7.もっと化学を深く学んでみたいと思った、8.化学を楽しく学習できた、
9.その他（ ）

開発事後アンケート

5. 通常実験（1回目）とマイクロスケール実験（2回目、3回目）ではどちらの方が実験操作を行いやすかったか。（1.通常実験、2.マイクロスケール実験）

理由

6. マイクロスケール実験（2回目、3回目）で使用したワークシートは分かりやすかったか。

（4、3、2、1 ）

理由

7. 今回使用したマイクロスケール実験のワークシート（実験用プリント、ラミネート加工ワークシート）で、ここを改善したらもっと分かりやすくなる、という点を教えてください。

8. 小学校、中学校、高校1年生、2年生までで、セルプレートや点眼びんなどの小さな器具を用いたマイクロスケール実験を行ったことはあったか。また行ったことがある場合、いつ、どこで行ったか。

（1.行ったことがある、2.行ったことがない）

（いつ： どこで： ）

9. 実験は好きだ。（4、3、2、1）

10. 実験の目的を意識しながら実験を行うことができた（ 4、3、2、1 ）

11. 実験結果から何が分かるかを考えながら実験操作を行っていた。（ 4、3、2、1 ）

12. 安全面に気をつけながら実験を行うことができた。（ 4、3、2、1 ）

13. 自分の手で実験することは大切だと思った。（ 4、3、2、1 ）

理由

14. 最後に学年、組、性別を教えてください。

学年（ ）組（ ）性別（ ）

ご協力ありがとうございました。

アンケート（通常実験（酸化剤・還元剤））

次の質問に（4.とてもあてはまる、3.あてはまる、2.あまりあてはまらない、1.あてはまらない）で回答してください。

1. この時間に行った実験は楽しかった。（4、3、2、1）
2. この時間に行った実験内容は理解できた。（4、3、2、1）
3. 何を観察しているのか分かりやすかった。（4、3、2、1）
4. 実験の操作は行いやすかった。（4、3、2、1）
5. 実験器具は使いやすかった。（4、3、2、1）
6. 自らの手で進んで実験操作を行うことができた。（4、3、2、1）
7. 今回の実験には集中して取り組むことができた。（4、3、2、1）
8. 今回の実験で困ったことを書いてください。（自由記述）

9. 今回の実験で一番大切だと思ったことを自由に書いてください。（自由記述）

アンケート（マイクロスケール実験（酸化剤・還元剤と硫酸酸性条件））

次の質問に（4.とてもあてはまる、3.あてはまる、2.あまりあてはまらない、1.あてはまらない）で回答してください。

1. この時間に行った実験は楽しかった。（4、3、2、1）
2. この時間に行った実験内容は理解できた。（4、3、2、1）
3. 何を観察しているのか分かりやすかった。（4、3、2、1）
4. 実験の操作は行いやすかった。（4、3、2、1）
5. 実験器具は使いやすかった。（4、3、2、1）
6. 自らの手で進んで実験操作を行うことができた。（4、3、2、1）
7. 今回の実験には集中して取り組むことができた。（4、3、2、1）
8. 今回の実験で困ったことを書いてください。（自由記述）

9. 今回の実験で一番大切だと思ったことを自由に書いてください。（自由記述）

アンケート（マイクロスケール実験（金属のイオン化傾向））

次の質問に（4.とてもあてはまる、3.あてはまる、2.あまりあてはまらない、1.あてはまらない）で回答してください。

1. この時間に行った実験は楽しかった。（4、3、2、1）
2. この時間に行った実験内容は理解できた。（4、3、2、1）
3. 何を観察しているのか分かりやすかった。（4、3、2、1）
4. 実験の操作は行いやすかった。（4、3、2、1）
5. 実験器具は使いやすかった。（4、3、2、1）
6. 自らの手で進んで実験操作を行うことができた。（4、3、2、1）
7. 今回の実験には集中して取り組むことができた。（4、3、2、1）
8. 今回の実験で困ったことを書いてください。（自由記述）

9. 今回の実験で一番大切だと思ったことを自由に書いてください。（自由記述）

第1時 マイクロスケール実験「電池の基本原則」

改善実習学習指導案①（電池の基本原則）

- 対象クラス 総合カルチャー（理系）9名（男子6名、女子3名）
- 使用教科書 東京書籍 新編 化学
- 学習単元 化学反応とエネルギー（2章 電池と電気分解）
- 本時の目標 電池は極板間の酸化・還元反応が起こることを理解する。また、ダニエル電池、の仕組み、構造を理解する。
- 配当時間

	実施内容
1	電池の基本原則（マイクロスケール実験を含む）（本時）
2	ダニエル電池、ボルタ電池・実用電池（マンガン乾電池、アルカリマンガン乾電池）
3	実用電池（鉛蓄電池）、燃料電池、1次電池・2次電池の例
4	マイクロスケール実験（ダニエル電池・鉛蓄電池）
5	電気分解の仕組み、水の電気分解、水酸化ナトリウム水溶液の電気分解
6	希硫酸の電気分解、電極が溶ける電気分解、銅の製造
7	陰極・陽極での反応、様々な電気分解、水酸化ナトリウムの製造、アルミニウムの製造
8	電気分解の法則（ファラデーの法則）
9	マイクロスケール実験（様々な電気分解）

○ 本時の評価規準

① 関心・意欲・態度	電池の基本原則に興味関心を持ち意欲的に実験や授業に取り組む
② 思考・判断・表現	イオン化傾向をもとに電池の極板の反応を考えることができる。また、イオンのやり取りに着目してダニエル電池の仕組みを説明することができる。
③ 観察・実験の技能	セルプレートや点眼びん等の実験器具を安全に配慮し正しく使用することができる。
④ 知識・理解	基本的な電池の仕組みを理解している。また、ダニエル電池の基本構造を理解している。

○ 本時案

	学習活動	指導上の留意点	評価
導入 (10分)	電池についての話 本時の目標提示 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;">電池の基本的な仕組みを理解する。</div> 実験操作の説明 試薬・実験操作の確認 安全上の注意 試薬・実験操作の確認、安全面での注意 <ul style="list-style-type: none"> ・ ラミネート加工したワークシート上にセルプレートを置いて実験を行う。 ・ 安全メガネを必ず装着すること。 	実験器具は事前に配布する 事故防止のため注意事項を徹底する。 実験器具の配置や実験操作を教室前方に常に提示して	①

第1時 マイクロスケール実験「電池の基本原則」

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 薬品が手についたらすぐに洗い流すこと。 ・ 机の上は配布したプリント、筆記用具、実験器具以外は置かない。 ・ 試薬を入れる穴を間違える等のミスがあれば、先生に言ってセルプレートを交換する。 	おく。	
展開 (35 分)	<p>【実験】 電池の基本原則 極板の種類による電流の有無を調べる。</p> <p><u>予想</u> 同極板どうし (Cu-Cu) 異極板どうし (Cu-Zn, Cu-Mg) <u>実験にて確認→記録</u></p> <p><u>予想</u> CuSO₄ 水溶液、H₂SO₄ 水溶液、グルコース水溶液、デンプン水溶液で電流が流れるかどうか予想 <u>実験にて確認→記録</u></p> <p>おまけ実験 レモン果汁、ミニトマトで電池を組み立て、電流の有無を確認する。→記録</p> <p>上記実験について隣同士で結果を共有 →異なる結果が出た場合挙手して発表 電池の基本的な構造についてまとめる。</p>	<p>机間巡視を行い、危険な操作がないか監督する。</p> <p>実験操作が終わってから、再度変化の記録を確認し、必要な部分は書き加える。</p> <p>ワークシートに基づき、考察を行うよう指示する。</p> <p>様子を見ながら実験の後片付けの指示を出す。</p>	① ② ③
まとめ (5 分)	リフレクションシートの記入 次時の連絡		② ④

第4時 マイクロスケール実験「ダニエル電池・鉛蓄電池」

改善実習学習指導案④（ダニエル電池・鉛蓄電池）

- 対象クラス 総合カルチャー（理系）9名（男子6名、女子3名）
- 使用教科書 東京書籍 新編 化学
- 学習単元 化学反応とエネルギー（2章 電池と電気分解）
- 本時の目標 実験を通して、ダニエル電池・鉛蓄電池の性質を確認する。また、実際にダニエル電池・鉛蓄電池を組み立て、実際に電流が流れるか、鉛蓄電池の場合充電ができるかを確認する。

○ 配当時間

	実施内容
1	電池の原理（マイクロスケール実験を含む）
2	ダニエル電池、ボルタ電池・実用電池（マンガン乾電池、アルカリマンガン乾電池）
3	実用電池（鉛蓄電池）、燃料電池、1次電池・2次電池の例
4	マイクロスケール実験（ダニエル電池・鉛蓄電池）（本時）
5	電気分解の仕組み、水の電気分解、水酸化ナトリウム水溶液の電気分解
6	希硫酸の電気分解、電極が溶ける電気分解、銅の製造
7	陰極・陽極での反応、様々な電気分解、水酸化ナトリウムの製造、アルミニウムの製造
8	電気分解の法則（ファラデーの法則）
9	マイクロスケール実験（様々な電気分解）

○ 本時の評価規準

① 関心・意欲・態度	ダニエル電池・鉛蓄電池に興味関心を持ち意欲的に実験に取り組む
② 思考・判断・表現	酸化還元反応をもとに正極・負極の反応を考えることができる。また、実験結果より電池内で起こっている反応を考察することができる。
③ 観察・実験の技能	セルプレートやパックテスト容器、点眼びん等の実験器具を安全に配慮し正しく使用することができる。
④ 知識・理解	ダニエル電池と鉛蓄電池の正極・負極での反応をそれぞれ理解している。

○ 本時案

	学習活動	指導上の留意点	評価
導入 (10分)	<p>小テスト（ダニエル電池・鉛蓄電池）</p> <p>本時の目標提示</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> ダニエル電池と鉛蓄電池の性質を確認する。 ダニエル電池と鉛蓄電池を実際に組み立てて放電や充電（鉛蓄電池のみ）ができるかどうかを確かめる。 </div> <p>実験操作の説明 試薬・実験操作の確認 安全上の注意 試薬・実験操作の確認、安全面での注意</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 安全メガネを必ず装着すること。 ・ 薬品が手についたらすぐに洗い流すこと。 	<p>事故防止のため注意事項を徹底する。</p> <p>実験器具の配置や実験操作を教室前方に常に提示しておく。</p>	①

第4時 マイクロスケール実験「ダニエル電池・鉛蓄電池」

	<ul style="list-style-type: none"> 机の上は配布したプリント、筆記用具、実験器具以外は置かない。 試薬を入れる穴を間違える等のミスがあれば、先生に言ってセルプレートを交換する。 		
展開 (35 分)	<p>[実験]ダニエル電池 ダニエル電池の組み立てを行う。 →IC メロディーが鳴るかどうかの確認 →電圧計で起電力を測定 →結果の記録</p> <p>[実験]鉛蓄電池 鉛蓄電池を組み立て、充電を行う (5 秒) →音が鳴るか確認 充電を行う (10 秒) →音が鳴るか確認</p> <p>余裕がある人は豆電球が点灯するかどうかを確認する。</p> <p>まとめを行う。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>実験結果</p> <p>班内で結果が異なっていた人はいたか</p> <p>思うような結果が得られなかった場合、その考えられる理由</p> <p>発 各極板での反応</p> <p>→指定された生徒が他の生徒に説明する形で発表を行う。</p> </div>	<p>机間巡視を行い、危険な操作がないか監督する。</p> <p>実験操作が終わってから、再度変化の記録を確認し、必要な部分は書き加える。</p> <p>ワークシートに基づき、考察を行うよう指示する。</p> <p>様子を見ながら実験の後片付けの指示を出す。</p> <p>12:20 になったらまとめを行うように指示する。</p>	<p>①</p> <p>②</p> <p>③</p>
まとめ (5 分)	リフレクションシートの記入 次時の連絡		<p>②</p> <p>④</p>

第9時 マイクロスケール実験「電気分解」

改善実習学習指導案⑨（電気分解）

- 対象クラス 総合カルチャー（理系）9名（男子6名、女子3名）
- 使用教科書 東京書籍 新編 化学
- 学習単元 化学反応とエネルギー（2章 電池と電気分解）
- 本時の目標 実験を通して電気分解の仕組みを理解する。また、実験結果から、陽極・陰極での反応を理解する。

○ 配当時間

	実施内容
1	電池の原理（マイクロスケール実験を含む）
2	ダニエル電池、ボルタ電池・実用電池（マンガン乾電池、アルカリマンガン乾電池）
3	実用電池（鉛蓄電池）、燃料電池、1次電池・2次電池の例
4	マイクロスケール実験（ダニエル電池・鉛蓄電池）
5	電気分解の仕組み、水の電気分解、水酸化ナトリウム水溶液の電気分解
6	希硫酸の電気分解、電極が溶ける電気分解、銅の製造
7	陰極・陽極での反応、様々な電気分解、水酸化ナトリウムの製造、アルミニウムの製造
8	電気分解の法則（ファラデーの法則）
9	マイクロスケール実験（様々な電気分解）（本時）

○ 本時の評価規準

① 関心・意欲・態度	電気分解の仕組みに興味関心を持ち、意欲的に実験に取り組む
② 思考・判断・表現	極板での電子のやり取りから、陽極・陰極での反応を考えることができる。また、実験結果から、極板での反応を考えることができる。
③ 観察・実験の技能	パックテスト容器や点眼びん等の実験器具を安全に配慮し正しく使用することができる。
④ 知識・理解	強制的に電子を流した際に極板で酸化還元反応が起こることを電気分解という事を理解している。

○ 本時案

	学習活動	指導上の留意点	評価
導入 (10分)	<p>本時の目標提示</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> 水の電気分解を理解する。 CuSO_4 水溶液、AgNO_3 水溶液、KI 水溶液の電気分解における陽極・陰極での反応を理解する。 </div> <p>実験操作の説明</p> <p>試薬・実験操作の確認</p> <p>安全上の注意</p> <p>試薬・実験操作の確認、安全面での注</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 安全メガネを必ず装着すること。 ・ 薬品が手についたらすぐに洗い流すこと。 ・ 机の上は配布したプリント、筆記用具、実験器具以外は置かない。 	<p>実験器具は事前に配布する</p> <p>事故防止のため注意事項を徹底する。</p> <p>実験器具の配置や実験操作を教室前方に常に提示しておく。</p>	①

第9時 マイクロスケール実験「電気分解」

<p>展開 (35 分)</p>	<p>[実験]ムラサキキャベツ水の電気分解 個人で陽極・陰極での反応やムラサキキャベツ水の色の変化等を個人で予想 班の人と結果を見比べる。 →実験装置を組み立て、実験にて確認・記録する</p> <p>[実験]各種電解質水溶液の電気分解 個人で CuSO_4 水溶液、AgNO_3 水溶液、KI 水溶液を電気分解した際の陽極・陰極での反応を予想→記録</p> <p>CuSO_4 水溶液、AgNO_3 水溶液、KI 水溶液で割り当てられたものについて電気分解を行う →実験は1人1つ行う →実験結果を班で共有する。異なる結果になった人が出た場合、その原因も考える →班でまとめる</p> <div data-bbox="316 869 1204 1030"> <p>予想と結果</p> <p>班内で結果に違いは出たか、もし出た場合、考えられる原因は何か 陽極・陰極での反応</p> </div> <p>発表</p>	<p>机間巡視を行い、危険な操作がないか監督する。</p> <p>実験操作が終わってから、再度変化の記録を確認し、必要な部分は書き加える。</p> <p>ワークシートに基づき、考察を行うよう指示する。</p> <p>様子を見ながら実験の後片付けの指示を出す。</p>	<p>① ② ③</p>
<p>まとめ (5 分)</p>	<p>リフレクションシートの記入 次時の連絡</p>		<p>② ④</p>

3 年 () 組 () 番 氏名 ()

化学実験プリント

～電池の基本原理(マイクロスケール実験)～

実験目的

実験を通して電池の基本原理を思い出す。

実験器具

セルプレート (12 穴)、導線 (赤・黒)、IC メロディー、安全メガネ

試薬

1.0 mol / L H_2SO_4 水溶液、1.0 mol / L HCl 水溶液、1.0 mol / L CuSO_4 水溶液、グルコース水溶液、デンプン水溶液、銅板、亜鉛板、マグネシウムリボン

方法

極板の働き

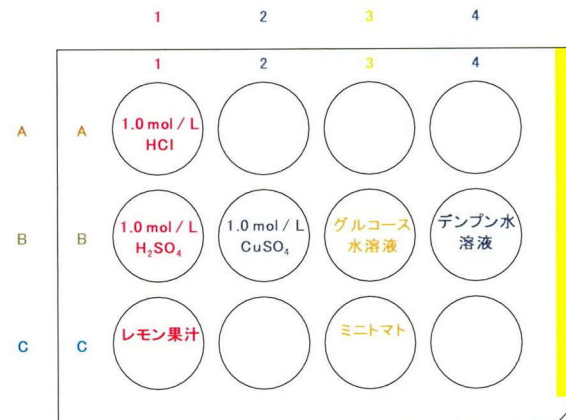
- 1) 音の有無や大きさの予想を立てる。(ワークシートの予想と結果の欄に記入)
- 2) 1.0 mol / L HCl 水溶液をセルプレートの A-1 のウェル (穴) に入れる。
- 3) 銅板 2 枚を重ならないように立てかけ IC メロディーと導線でつなぐ。
- 4) IC メロディーの音が鳴るかを確認する。
- 5) 銅板と亜鉛板で 2)、3) と同様の作業を行う。(銅板は黒、亜鉛板は赤の導線でつなぐ。)
- 6) 銅板とマグネシウム板で 2)、3) と同様の作業を行う。(銅板は黒、マグネシウム板は赤の導線でつなぐ)

水溶液の働き

- 1) 1.0 mol / L H_2SO_4 水溶液、1.0 mol / L CuSO_4 水溶液、グルコース水溶液、デンプン水溶液をそれぞれ B-1、B-2、B-3、B-4 のウェル (穴) に入れる。
- 2) 銅板とマグネシウム板を重ならないように立てかけ、IC メロディーと導線でつなぐ。
- 3) IC メロディーの音が鳴るかを確認する。

おまけ

- 1) セルプレートの C-1 のウェル (穴) にレモン汁をいれ、銅板とマグネシウム板を立てかける。
- 2) IC メロディーと銅板、マグネシウム板を導線でつなぎ、音が鳴るかを確認する。
- 3) ミニトマトに銅板とマグネシウム板を差し込み、IC メロディーと導線でつなぎ、音が鳴るかどうかも確認してみる。



予想と結果

極板の種類による電流の有無

	銅板・銅板	銅板・亜鉛板	銅板・マグネシウム板
予想			
結果 (自分)			
結果 (班の人)			

水溶液の種類による電流の有無

	H_2SO_4 水溶液	CuSO_4 水溶液	グルコース水溶液	デンプン水溶液
予想				
結果 (自分)				
結果 (班の人)				

考察

電池を作る際に必要な条件は何か。

[]

化学実験プリント

～ダニエル電池(マイクロスケール実験)～

実験目的

実験を通してダニエル電池の仕組みを理解する。

実験器具

セルプレート (12 穴)、ろ紙、IC メロディー、導線 (赤・黒)、安全メガネ、電圧計

試薬

1.0 mol / L CuSO_4 水溶液、1.0 mol / L ZnSO_4 水溶液、1.0 mol / L Na_2SO_4 水溶液、亜鉛板、銅板

方法

- 1) 12 穴セルプレートの A・1 のウェル(穴)に 1.0 mol / L CuSO_4 水溶液を、A・2 のウェル(穴)に 1.0 mol / L ZnSO_4 水溶液を入れる。(穴の 3 分の 2 程度まで)
- 2) 長方形のろ紙を真ん中で折り曲げ、両端が A・1、A・2 両ウェルの液に浸るようにセットする。
- 3) 2) でセットしたろ紙に 1.0 mol / L Na_2SO_4 水溶液を点眼びんで 1～2 滴落とし、湿らせる。
- 4) A・1 (CuSO_4 水溶液) のウェルには銅板 (Cu 板)、A・2 (ZnSO_4 水溶液) のウェルには亜鉛板 (Zn 板) を立てる。
- 5) 銅板と亜鉛板を導線で IC メロディーにつなぎ、音が鳴るか確かめる。また、電圧計とつなぎ、起電力の大きさを調べる。

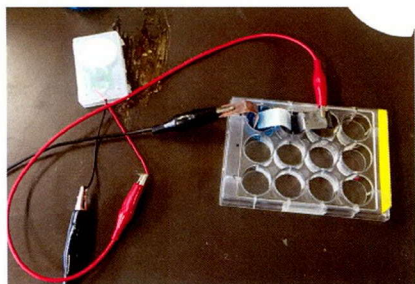
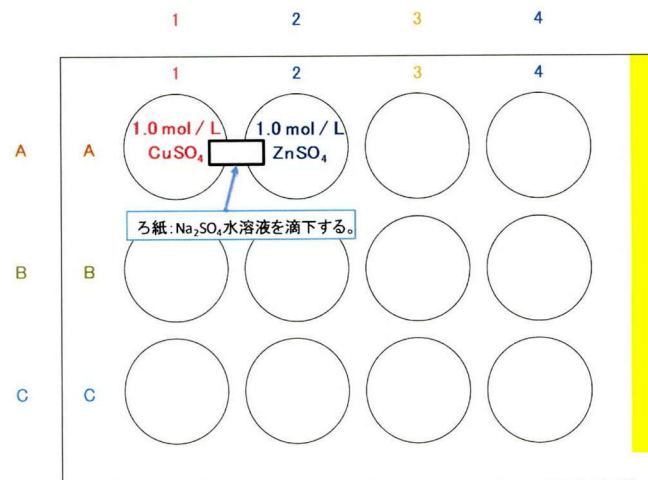


図 1.ダニエル電池のつなぎ方



図 2.電圧計へのつなぎ方



実験結果

	自分の結果	班の人の結果
IC メロディー	鳴った・鳴らなかった	
電圧計		
銅板の変化 (見た目)		
亜鉛板の変化 (見た目)		

考察

1. 思うような結果が得られなかった場合、どのようなことが原因と考えられるか。(自分の結果をもとに考えてみよう)

2. 自分の結果と班の人の結果より、考えられる負極・正極での変化を半反応式で書け

負極

正極

化学実験プリント

～鉛蓄電池(マイクロスケール実験)～

実験目的

実験を通して鉛蓄電池の仕組みを理解する。

実験器具

バックテスト溶液、セル用ベース、IC メロディー、豆電球、USB 電源装置、導線、安全メガネ

試薬

1.0 mol / L H_2SO_4 水溶液、鉛 (Pb) 板 2 枚

方法

- 1) バックテスト容器に H_2SO_4 水溶液を約 3 分の 2 程度入れる。
- 2) 1) のバックテスト溶液に鉛板 2 枚を差し込む。必要があればふたで固定する。
- 3) 両鉛板に USB 電源装置により直流電圧で 5 秒間電流を流す。
- 4) 正極の鉛板を観察する。
- 5) 電源を外し、IC メロディーをつなぎ、音が鳴るかどうを確認する。
- 6) 音が鳴らなくなったら、3) と同様の操作で 10 秒間電流を流す。
- 7) IC メロディーをつなぎ、音が鳴るかどうを確認する。
- 8) 余裕がある人は導線から IC メロディーを外し、豆電球に付け替え、豆電球が光るかどうを確認する。



図 1.充電の様子

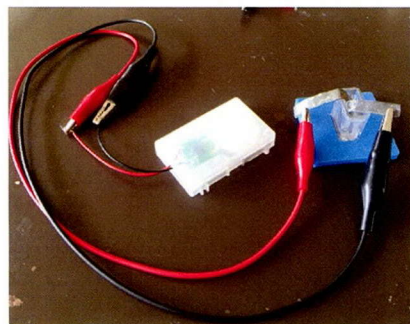


図 2.放電の様子

実験結果

	自分の結果	班の人の結果
充電時のバックテスト容器の様子		
正極の変化 (見た目)		
負極の変化 (見た目)		
充電 5 秒	IC メロディー 鳴った・鳴らなかった	
充電 10 秒	IC メロディー 鳴った・鳴らなかった	
豆電球 (余裕のある人のみ)	ついた・つかなかった	
その他気づいたこと		

考察

1. 班の人と結果が異なった場合や思うような結果が得られなかった場合、どのようなことが原因だと考えるか。

2. 自分の結果と班の人の結果より、考えられる正極・負極での変化を半反応式で書け
正極

負極

3 年 () 組 () 番 氏名 ()

化学実験プリント

～ムラサキキャベツ水の電気分解(マイクロスケール実験)～

実験目的

実験を通して水の電気分解の仕組みを理解する。

実験器具

バックテスト溶液、点眼びん、USB 電源装置、ホルダー芯（炭素電極）（太いシャープペンシルの芯）、安全メガネ

試薬

紫キャベツ水

方法

- 1) 陰極・陽極における電気分解後の変化や生成物を予想する。
- 2) バックテスト容器にムラサキキャベツ水を容器の半分程度入れる。
- 3) 極板としてホルダー芯を 2 本、バックテスト容器のふたにセットする。
- 4) ホルダー芯と USB 電源装置をつなぐ。赤い導線でつないだ方が陽極、黒い線でつないだ方が陰極となる。
- 5) 陽極、陰極それぞれの周辺の色の変化や気泡を観察する。
- 6) 実験結果を記入する。

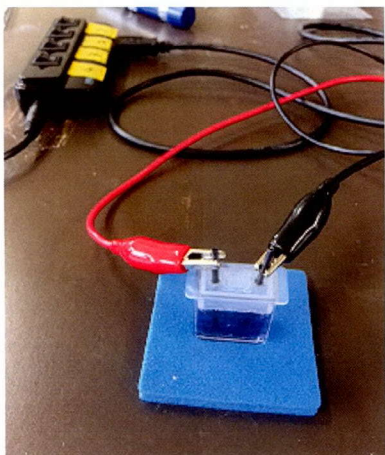


図 1.ムラサキキャベツ水の電気分解

予想

陽極周辺のムラサキキャベツ水の色	
陰極周辺のムラサキキャベツ水の色	
陽極で生成するもの	
陰極で生成するもの	

実験結果

	自分の結果	班の人の結果
陽極周辺のムラサキキャベツ水の色		
陰極周辺のムラサキキャベツ水の色		
陽極表面の変化と生成物 (見た目、気体の発生等)		
陰極表面の変化と生成物 (見た目、気体の発生等)		

考察

陽極と陰極の反応について、半反応式で表せ。

陽極での反応

陰極での反応

3 年 () 組 () 番 氏名 ()

化学実験プリント

～各種電解質水溶液の電気分解(マイクロスケール実験)～

実験目的

実験を通して電解質水溶液の電気分解の仕組みを理解する。

実験器具

パックテスト溶液、点眼びん、USB 電源装置、ホルダー芯（炭素電極）（太いシャープペンシルの芯）、安全メガネ

試薬

0.1 mol / L AgNO₃ 水溶液

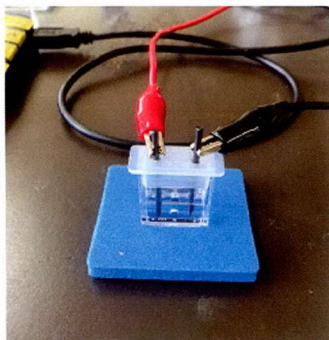
0.1 mol / L CuSO₄ 水溶液

0.1 mol / L KI 水溶液

（いずれかの水溶液で実験を行う。）

方法

- 1) それぞれの水溶液を電気分解した際の陰極と陽極で生成するものを予想し記録する。
- 2) パックテスト容器に 0.1 mol / L AgNO₃ 水溶液、0.1 mol / L CuSO₄ 水溶液、0.1 mol / L KI 水溶液を容器の半分程度入れる。
- 3) 極板としてホルダー芯を 2 本、パックテスト容器のふたにセットする。
- 4) 導線でホルダー芯と USB 電源装置をつなぎ、電気分解を行う（1 分～2 分）。
- 5) 陽極、陰極それぞれの周辺の色の変化や気泡を観察する。
- 6) 実験結果を記録する。また班の人の実験結果を記録する。その後、同じ種類の水溶液で実験を行った者同士で集まり、考察を考える。



予想

	陽極で生成するもの	陰極で生成するもの
1.0 mol / L AgNO ₃ 水溶液の電気分解		
1.0 mol / L CuSO ₄ 水溶液の電気分解		
1.0 mol / L KI 水溶液の電気分解		

結果（自分が実験を行った水溶液：）

	自分の結果	班の人の結果
陽極周辺の水溶液の色		
陰極周辺の水溶液の色		
陽極表面の変化 (見た目、気体の発生等)		
陰極表面の変化 (見た目、気体の発生等)		

考察

1.0 mol / L AgNO₃ 水溶液の電気分解

陽極での反応（半反応式）

陰極での反応（半反応式）

1.0 mol / L KI 水溶液の電気分解

陽極での反応（半反応式）

陰極での反応（半反応式）

1.0 mol / L CuSO₄ 水溶液の電気分解

陽極での反応（半反応式）

陰極での反応（半反応式）

電池の基本原理と ダニエル電池

電池



なぜ乾電池なのか？
電池ができたばかりの頃は？
電池の中はどんな仕組みか？

本日使う実験器具



→セルプレート

安全メガネ→



点眼びん→



本日使う実験器具

銅板、亜鉛板、マグネシウム板

導線（赤・黒）

ICメロディー

本日使う試薬

- 1.0 mol/L HCl水溶液
- 1.0 mol/L H_2SO_4 水溶液
- 1.0 mol/L CuSO_4 水溶液
- グルコース水溶液
- デンプン水溶液
- 純水

注意

- 必ず**安全メガネ**をつける。
- ラミネート加工のワークシートの上にセルプレートをおいて実験を行う。
- 薬品が手についたら**すぐに洗い流す**。
- 髪が長い人は必ずくくる。
- 点眼びんは**上のキャップ**のみを開ける。

実験① 極板の種類と電流

1. 音の大きさや有無の予想を立てる。
2. 1.0 mol/L HCl水溶液をA-1のウェル（穴）に入れる。
3. 銅板2枚を重ねないように立てかけ、ICメロディーと導線でつなぐ→記録する。
4. 銅板を片方外す。銅板と亜鉛板で2、3と同様の操作を行う。→記録
5. 銅板とマグネシウム板で2、3と同様の操作を行う。→記録

実験② 水溶液の種類と電流の有無

1. 1.0 mol/L H_2SO_4 水溶液、1.0 mol/L CuSO_4 水溶液、グルコース水溶液、デンプン水溶液をワークシートの指示通り入れる。
2. 銅板とマグネシウム板を1.0 mol/L H_2SO_4 水溶液に立てかける。ICメロディーと導線でつなぐ。
3. ICメロディーの音が鳴るかを確認する。

おまけ レモン果汁電池・ミニトマト電池

1. セルプレートのC-1のウェル（穴）にレモン果汁を入れ、銅板とマグネシウム板を立てかける。
2. ICメロディーと銅板、マグネシウム板を導線でつなぎ、音が鳴るかを確認する。
3. ミニトマトにも銅板と亜鉛板を差し込み、音が鳴るかどうかを確認してみる。

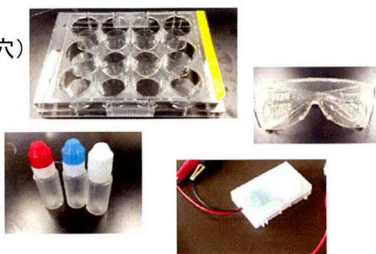
ダニエル電池・鉛蓄電池 (マイクロスケール実験)

目的

- ・ダニエル電池と鉛蓄電池の性質を確認する。
- ・ダニエル電池と鉛蓄電池を実際に組み立てて放電や充電ができるかどうかを確認する。

実験器具 (ダニエル電池)

セルプレート (12穴)
ろ紙
ICメロディー
導線 (赤・黒)
安全メガネ
電圧計 (班で1つ)



試薬 (ダニエル電池)

- ・1.0 mol / L CuSO_4 水溶液 (青キャップ)
- ・1.0 mol / L ZnSO_4 水溶液 (赤キャップ)
- ・1.0 mol / L Na_2SO_4 水溶液 (ピンクキャップ)
- ・亜鉛 (Zn) 板
- ・銅 (Cu) 板

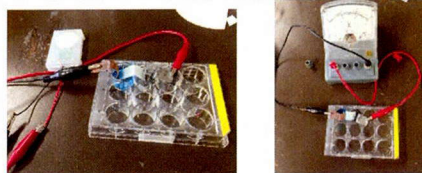


実験手順

1. セルプレートのA-1の穴に1.0 mol / L CuSO_4 水溶液、A-2の穴に1.0 mol / L ZnSO_4 水溶液を入れる。
2. 長方形のろ紙を真ん中で折り曲げ、両端がA-1、A-2の両溶液に浸るようにセットする。
3. 2.のろ紙に点眼びんで1.0 mol / L Na_2SO_4 水溶液を1、2滴滴下し、湿らせる。
4. A-1 (CuSO_4) の穴に銅 (Cu) 板、A-2 (ZnSO_4) 穴に亜鉛 (Zn) 板を入れる。

実験手順 (ダニエル電池)

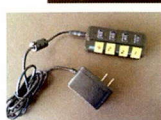
5. 銅板を黒の導線、亜鉛板を赤の導線でICメロディーとつなぎ、音が鳴るかを確認する。
6. 電圧計とつなぎ、起電力の大きさを調べる。



第4時 マイクロスケール実験「ダニエル電池・鉛蓄電池」パワーポイント資料

実験器具（鉛蓄電池）

パックテスト容器
セル用ベース
ICメロディー
導線（赤・黒）
USB電源装置
安全メガネ



試薬（鉛蓄電池）

- 1.0 mol / L H_2SO_4 水溶液（白キャップ）
- 鉛（Pb）板 2枚

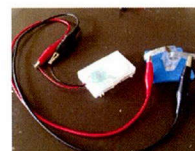


実験手順（鉛蓄電池）

1. パックテスト容器に H_2SO_4 水溶液を3分の2程度入れる。
2. 1.に鉛（Pb）板を2枚入れる。
3. 両鉛板にUSB電源装置を付け、直流電流で5秒間電流を流す。
4. 正極の鉛板の様子を観察する。
5. 電源を外し、ICメロディーをつなぎ、音が鳴るかどうかを確認する。

実験手順（鉛蓄電池）

6. 同様に充電を行い、約10秒の間電流を流す。
7. ICメロディーをつなぎ、音が鳴るかどうかを確認する。
8. 余裕がある人は充電を行い、豆電球が点灯するか確認する。



電気分解実験

注意

- 必ず**安全メガネ**をつける。
- 薬品が手についたら**すぐに洗い流す**。
- 髪が長い人は必ずくくる。
- 点眼びんは**上のキャップ**のみを開ける。
- USB電源装置は丁寧に扱う
→強く引っ張ると中の導線が切れる恐れがある。

実験器具（ムラサキキャベツ水（ H_2O ）の電気分解）

パックテスト容器

セル用ベース

ホルダー芯（炭素棒）

USB電源装置

安全メガネ



実験試薬（ムラサキキャベツ水（ H_2O ）の電気分解）

ムラサキキャベツ水（赤キャップ）

ムラサキキャベツ1/8玉を水500 mLで煮沸し、色素を抽出したもの。



アントシアニン：ムラサキキャベツに含まれる色素

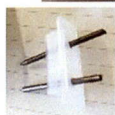
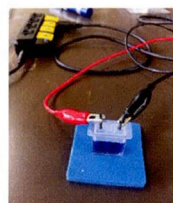
中性：**紫色**

酸性（ H^+ が多い）：**赤色**

塩基性（ OH^- が多い）：**青色**

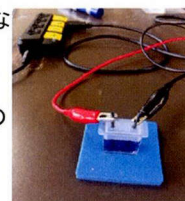
ムラサキキャベツ水（ H_2O ）の電気分解

1. 陰極・陽極における電気分解後の変化や生成物を予想する
2. パックテスト容器にムラサキキャベツ水を容器の半分程度入れる。
3. 極板としてホルダー芯を2本、パックテスト容器のふたにセットする。



ムラサキキャベツ水（ H_2O ）の電気分解

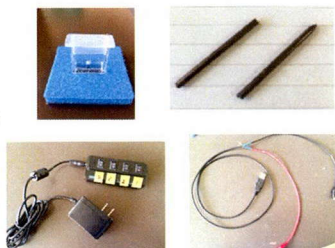
4. ホルダー芯とUSB電源装置をつなぐ。赤い導線でつないだ方が陽極、黒い線でつないだ方が陰極となる。
5. 陽極、陰極それぞれの周辺の色の変化や気泡を観察する。
6. 実験結果を記入する。



第9時 マイクロスケール実験「電気分解」パワーポイント資料

実験器具（各種水溶液の電気分解）

パックテスト容器
セル用ベース
ホルダー芯（炭素棒）
USB電源装置
安全メガネ



実験試薬（各種水溶液の電気分解）

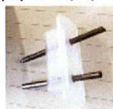
0.1 mol / L CuSO_4 水溶液
（青色キャップ）
0.1 mol / L AgNO_3 水溶液
（白色キャップ）
0.1 mol / L KI 水溶液
（黄色キャップ）



3つのうちのどれかで実験を行う。

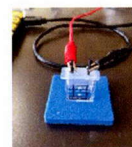
各種水溶液の電気分解

1. 陰極・陽極における電気分解後の変化や生成物を予想する
2. パックテスト容器に紫キャベツ水を容器の半分程度入れる。
3. 極板としてホルダー芯を2本、パックテスト容器のふたにセットする。



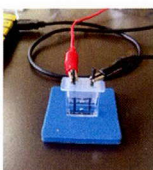
各種水溶液の電気分解

4. それぞれの水溶液を電気分解した際の陰極と陽極で生成するものを予想し記録する。
5. パックテスト容器に0.1 mol / L AgNO_3 水溶液、0.1 mol / L CuSO_4 水溶液、0.1 mol / L KI 水溶液を容器の半分程度入れる。
6. 極板としてホルダー芯を2本、パックテスト容器のふたにセットする。



各種水溶液の電気分解

7. 導線でホルダー芯とUSB電源装置をつなぎ、電気分解を行う（1分～2分）。
8. 陽極、陰極それぞれの周辺の色の変化や気泡を観察する。
9. 実験結果を記録する。また班の人の実験結果を記録する。その後、同じ種類の水溶液で実験を行った者同士で集まり、考察を考える。



「ダニエル電池・鉛蓄電池」事前小テスト

小テスト

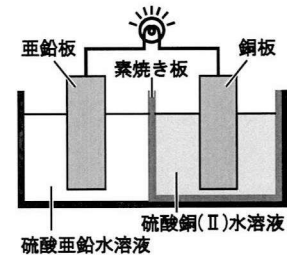
3年（ ）組（ ）番 氏名（ ）

1.ダニエル電池について、次の各問いに答えよ。

(1) 負極, 正極の物質名を, それぞれ記せ。

正極:

負極:



(2) 亜鉛板, 銅板で起こる変化を, それぞれイオン反応式で示せ。

亜鉛板:

銅板:

(3) 放電によって, ①亜鉛板, ②銅板の質量はそれぞれどう変化するか。

①亜鉛板:

②銅板:

(5) ダニエル電池の構成を電池式で示せ。

2.次の文章中の（ ）に適する語句を入れよ。

鉛蓄電池は, 負極に（ ア ）, 正極に（ イ ）, 電解質水溶液として（ ウ ）を用いたものである。放電すると, 負極, 正極ともに（ エ ）が生成して, 質量が（ オ ）する。また, 電解質水溶液の濃度は（ カ ）する。鉛蓄電池を充電するとき, 電池の負極を外部電源の（ キ ）極に, 正極を外部電源の（ ク ）極に接続して電流を流す。このように放電後, 充電が可能な電池を（ ケ ）という。

（ア） （イ） （ウ） （エ） （オ）

（カ） （キ） （ク） （ケ）

「ダニエル電池・鉛蓄電池」事後小テスト

事後小テスト

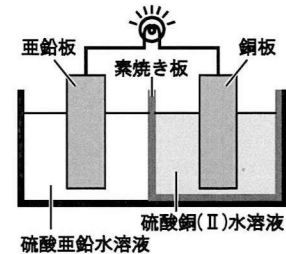
3年（ ）組（ ）番 氏名（ ）

1.ダニエル電池について、次の各問いに答えよ。

(1) 負極、正極の物質名を、それぞれ記せ。

正極：

負極：



(2) 亜鉛板、銅板で起こる変化を、それぞれイオン反応式で示せ。

亜鉛板：

銅板：

(3) 放電によって、①亜鉛板、②銅板の質量はそれぞれどう変化するか。

①亜鉛板：

②銅板：

(5) ダニエル電池の構成を電池式で示せ。

2.次の文章中の（ ）に適する語句を入れよ。

鉛蓄電池は、負極に（ ア ）、正極に（ イ ）、電解質水溶液として（ ウ ）を用いたものである。放電すると、負極、正極ともに（ エ ）が生成して、質量が（ オ ）する。また、電解質水溶液の濃度は（ カ ）する。鉛蓄電池を充電するとき、電池の負極を外部電源の（ キ ）極に、正極を外部電源の（ ク ）極に接続して電流を流す。このように放電後、充電が可能な電池を（ ケ ）という。

（ア） （イ） （ウ） （エ） （オ）

（カ） （キ） （ク） （ケ）

「電気分解」事前小テスト

電気分解事前小テスト

3年（ ）組（ ）番 氏名（ ）

1.以下の文章中の①～⑧に適切な語句または化学式を答えよ。

電気分解では、直流電源の負極につないだ電極を(①)、正極につないだ電極を(②)という。

(①)では、電源から電子が送られてくるので、陽イオンが引きつけられ、電子を受け取る(③)反応が起こる。一般に、イオン化傾向の(④)い金属ほど金属として析出しやすい。一方、イオン化傾向の(⑤)い金属ほど金属として析出しにくく、 Na^+ を含む水溶液を電気分解すると、水分子が電子を受け取り(⑥)を発生する。

一方、(②)では、電源へ向かって電子が送られていくので、陰イオンが電子を失う(⑦)反応が起こる。しかし、 NO_3^- や SO_4^{2-} を含む水溶液を電気分解すると、これらのイオンは変化せず、水分子が電子を失って(⑧)が発生する。

① _____ ② _____ ③ _____ ④ _____ ⑤ _____
⑥ _____ ⑦ _____ ⑧ _____

2.次の(1)～(4)を電気分解した場合の生成物の化学式を答えよ。

電解液	陽極	生成物	陰極	生成物
(1) KIaq	Pt		Pt	
(2) CuSO_4aq	Pt		Pt	
(3) CuSO_4aq	Cu		Cu	
(4) AgNO_3aq	Pt		Pt	

電気分解事後小テスト

電気分解事後小テスト

3年（ ）組（ ）番 氏名（ ）

1.以下の文章中の①～⑧に適切な語句または化学式を答えよ。

電気分解では、直流電源の負極につないだ電極を(①)、正極につないだ電極を(②)という。

(①)では、電源から電子が送られてくるので、陽イオンが引きつけられ、電子を受け取る(③)反応が起こる。一般に、イオン化傾向の(④)い金属ほど金属として析出しやすい。一方、イオン化傾向の(⑤)い金属ほど金属として析出しにくく、 Na^+ を含む水溶液を電気分解すると、水分子が電子を受け取り(⑥)を発生する。

一方、(②)では、電源へ向かって電子が送られていくので、陰イオンが電子を失う(⑦)反応が起こる。しかし、 NO_3^- や SO_4^{2-} を含む水溶液を電気分解すると、これらのイオンは変化せず、水分子が電子を失って(⑧)が発生する。

① _____ ② _____ ③ _____ ④ _____ ⑤ _____
⑥ _____ ⑦ _____ ⑧ _____

2.次の(1)～(4)を電気分解した場合の生成物の化学式を答えよ。

電解液	陽極	生成物	陰極	生成物
(1) KIaq	Pt		Pt	
(2) CuSO_4aq	Pt		Pt	
(3) CuSO_4aq	Cu		Cu	
(4) AgNO_3aq	Pt		Pt	

改善実習事後アンケート

マイクロスケール実験事後調査アンケート（9月実施）

今回は電池・電気分解の範囲において3回マイクロスケール実験を行いました。今回（9月）の実験を行った感想や6月に実施した酸化・還元反応のマイクロスケール実験と比較した感想等をお聞きしたいと考えています。ありのままを率直に答えていただければ幸いです。

（特に指示がある場合を除き、4.とてもあてはまる、3.あてはまる、2.あまりあてはまらない、1.あてはまらない、で解答してください。）

- 今回（9月）に行ったマイクロスケール実験（電池の基本原理、ダニエル電池・鉛蓄電池、ムラサキキャベツ水・各種水溶液の電気分解）の実験を思い出しながら回答してください。

1. マイクロスケール実験の器具（パックテスト容器、USB 電源装置等）は使いやすかったか。

（ 4、3、2、1 ）

どのような点が使いやすかった / 使いにくかったか。

2. 今回の実験全体を通して何か困ったことはあったか。

具体的に

3. 今回行ったマイクロスケール実験では実験器具を1人1個用いて実験を行いましたが、このことにより化学の学習に関して何か成果はあったか。

（1. 成果があった、 2.成果がなかった）

また、4.で1.成果があった、と回答した場合、どのような成果があったか。（複数可）

1.実験の原理が分かった、2.何を観察しているか分かった、3. 実験結果の理由が分かった、
4. 電池・電気分解の内容の理解がしやすかった、 5. 進んで考察ができた、 6.暗記のみに頼らない化学の学習ができた、7.もっと化学を深く学んでみたいと思った、8.化学を楽しく学習できた、
9.その他（ ）

- 今回行ったマイクロスケール実験（電池の基本原理、ダニエル電池・鉛蓄電池、ムラサキキャベツ水・各種水溶液の電気分解）と6月に実施したマイクロスケール実験（酸化剤・還元剤、金属のイオン化傾向）を比較しながら当てはまるものの番号に○をしてください。もし可能であれば理由も教えてください。

4. どちらの方が細かくしっかり結果確認できたか。

①9月の実験（電池・電気分解） ②6月の実験（酸化・還元反応）

（理由：

）

改善実習事後アンケート

5. どちらの方が実験前後の状態の比較を行いやすかったか。

①9月の実験（電池・電気分解） ②6月の実験（酸化・還元反応）

（理由： ）

6. どちらの方が実験内容の理解ができたか。

①9月の実験（電池・電気分解） ②6月の実験（酸化・還元反応）

（理由： ）

7. どちらの方が他の人と実験結果の共有を行いやすかったか。

①9月の実験（電池・電気分解） ②6月の実験（酸化・還元反応）

（理由： ）

8. どちらの方が思うような実験結果が得られなかった場合の原因を考えることができたか。

①9月の実験（電池・電気分解） ②6月の実験（酸化・還元反応）

（理由： ）

9. どちらの方が考察を行いやすかったか。

①9月の実験（電池・電気分解） ②6月の実験（酸化・還元反応）

（理由： ）

10. その他、6月実施の実験と9月実施の実験の良かった点や改善点がありましたら教えてください。

（ ）

● 最後に、今の気持ちや状態に最も近いものに○を付けてください。（4.とてもあてはまる、3.あてはまる、2.あまりあてはまらない、1.あてはまらない）

11. 実験は好きだ。（4、3、2、1）

12. 実験の目的を意識しながら実験を行うことができた（ 4、3、2、1 ）

13. 実験結果から何が分かるかを考えながら実験操作を行った。（ 4、3、2、1 ）

14. 安全面に気をつけながら実験を行うことができた。（ 4、3、2、1 ）

15. 自分の手で実験することは大切だと思った。（ 4、3、2、1 ）

（理由 ）

16. 最後に学年、組、性別を教えてください。

学年（ ）組（ ）性別（ ）

ご協力ありがとうございました。

アンケート（マイクロスケール実験（電池の基本原理））

次の質問に（4.とてもあてはまる、3.あてはまる、2.あまりあてはまらない、1.あてはまらない）で回答してください。

1. この時間に行った実験は楽しかった。（4、3、2、1）
2. この時間に行った実験内容は理解できた。（4、3、2、1）
3. 何を観察しているのか分かりやすかった。（4、3、2、1）
4. 実験の操作は行いやすかった。（4、3、2、1）
5. 実験器具は使いやすかった。（4、3、2、1）
6. 自らの手で進んで実験操作を行うことができた。（4、3、2、1）
7. 今回の実験には集中して取り組むことができた。（4、3、2、1）
8. 今回の実験で困ったことを書いてください。（自由記述）

9. 今回の実験で一番大切だと思ったことを自由に書いてください。（自由記述）

アンケート（マイクロスケール実験（ダニエル電池・鉛蓄電池））

次の質問に（4.とてもあてはまる、3.あてはまる、2.あまりあてはまらない、1.あてはまらない）で回答してください。

1. この時間に行った実験は楽しかった。（4、3、2、1）
2. この時間に行った実験内容は理解できた。（4、3、2、1）
3. 何を観察しているのか分かりやすかった。（4、3、2、1）
4. 実験の操作は行いやすかった。（4、3、2、1）
5. 実験器具は使いやすかった。（4、3、2、1）
6. 自らの手で進んで実験操作を行うことができた。（4、3、2、1）
7. 今回の実験には集中して取り組むことができた。（4、3、2、1）
8. 今回の実験で困ったことを書いてください。（自由記述）

9. 今回の実験で一番大切だと思ったことを自由に書いてください。（自由記述）

アンケート（マイクロスケール実験（電気分解））

次の質問に（4.とてもあてはまる、3.あてはまる、2.あまりあてはまらない、1.あてはまらない）で回答してください。

1. この時間に行った実験は楽しかった。（4、3、2、1）
2. この時間に行った実験内容は理解できた。（4、3、2、1）
3. 何を観察しているのか分かりやすかった。（4、3、2、1）
4. 実験の操作は行いやすかった。（4、3、2、1）
5. 実験器具は使いやすかった。（4、3、2、1）
6. 自らの手で進んで実験操作を行うことができた。（4、3、2、1）
7. 今回の実験には集中して取り組むことができた。（4、3、2、1）
8. 今回の実験で困ったことを書いてください。（自由記述）

9. 今回の実験で一番大切だと思ったことを自由に書いてください。（自由記述）